HANDBUCH

DER

GEWEBELEHRE

DES MENSCHEN

VON

A. KOELLIKER
PROFESSOR DER ANATOMIE ZU WÜRZBURG.

SECHSTE UMGEARBEITETE AUFLAGE.

ZWEITER BAND:
NERVENSYSTEM DES MENSCHEN UND DER THIERE.

MIT 516 ZUM THEIL FARBIGEN FIGUREN IN HOLZSCHNITT UND ZINKOGRAPHIE.

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1896.

Alle Rechte, besonders das der Uebersetzung, vorbehalten.

KÖNIGL. BAYER. BIBLIOTHEK BAMBERG

Druck der Kgl. Universitätsdruckerei von H. Stürtz in Würzburg.

Vorwort.

Dieser 2. Band der 6. Auflage meiner Gewebelehre hat zu seiner Vollendung längere Zeit beansprucht, als ich voraussehen konnte. Die ersten 24 Bogen erschienen im Herbste 1893 und hoffte ich damals den ganzen Band im Laufe des Jahres 1894 herausgeben zu können. Es zeigte sich jedoch, dass die Bearbeitung des Mittelhirns und Vorderhirns, für welche Theile vom Menschen nur wenige Vorarbeiten nach neueren Methoden vorlagen, eine längere Zeit beanspruchte und so begann der Druck erst im Frühjahre 1895. Bis zum Herbste wurden dann die Bogen 25—38 gedruckt und vom Januar bis zum 15. April der Rest, Bogen 39—56.

Meine Arbeit wurde wesentlich erleichtert durch die Hilfe, die mir von zwei Seiten zu Theil wurde. Einmal unterstützte mich mein früherer Präparator, der jetzige Custos am Institute für Mikroskopie, Embryologie und vergleichende Anatomie, Herr P. Hofmann durch die Anfertigung einer sehr grossen Zahl von schönen Serienschnitten vom Menschen und von Thieren nach den Methoden von Golgi und von Weigert, für die ich demselben hier öffentlich meinen besten Dank sage. Und zweitens war es mir vergönnt in Herrn L. Stierhof einen Zeichner für mikroskopische Objekte zur Verfügung zu haben, der seines Gleichen sucht. Von den über 400 Zeichnungen dieses Bandes sind alle, mit Ausnahme von nur 8, Originale und diese wurden mit grösster Sorgfalt, ohne ein Zuthun von meiner Seite, getreu nach der Natur gezeichnet, so dass jede Figur nur das wiedergiebt, was das Original zeigte und somit den Werth einer Urkunde besitzt. In der

grossen Zahl dieser Originalzeichnungen liegt ein Hauptwerth dieses zweiten Bandes, und bin ich dem Herrn Verleger in hohem Maasse verpflichtet, dass er eine so reiche Ausstattung zugab, ebenso wie auch der Officin des Herrn H. Stürtz in Würzburg für die sorgfältige Ausführung der schwierigen farbigen Figuren und der Herstellung des ganzen Druckes.

Ich schliesse mit dem Wunsche, dass dieser erste Versuch einer ausführlichen Bearbeitung des feinsten Baues des centralen Nervensystems des Menschen und der Säugethiere eine nicht ungünstige Beurtheilung finden möge. Vieles, sehr vieles ist an demselben Stückwerk, ich bitte jedoch zu bedenken, dass in einem so schwierigen Gebiete der Erfolg unmöglich auch dem ernstesten und besten Wollen entsprechend sich gestalten konnte.

Lugano am 14. April 1896.

A. Koelliker.

Inhalts-Verzeichniss.

Seite

Vorwort . III

Vom Nervensysteme. S. 1—874.

§ 116. Begrenzung, Eintheilung 1

Elemente des Nervensystems. S. 2—54.

A. Markhaltige Fasern.

§ 117. *Ranvier*'sche Einschnürungen, Marksegmente, Durchmesser der Nervenfasern . 2

§ 118. Die Markscheide oder das Nervenmark 6

§ 119. Die Achsenfaser oder der Achsencylinder, der Neuraxón . . . 19

B. Marklose Fasern.

§ 120. Beschreibung derselben 28

C. Nervenzellen.

§ 121. Schilderung derselben 39

Centrales Nervensystem. S. 55—840.

§ 122. Rückenmark . 55

§ 123. Bau des Markes im Allgemeinen 57

§ 124. Feinerer Bau des Markes 65

A. Methoden zur Ermittlung des feineren Baues 65

I. Die Untersuchung der ersten Entwicklung der Nervenfasern . 65

II. Die Untersuchung der Entwicklung des Nervenmarkes bei Embryonen und jungen Geschöpfen nach *Flechsig* 66

III. Die Untersuchung des Faserverlaufes im embryonalen Marke nach der *Golgi*'schen Methode 69

§ 125. Feinerer Bau des Markes im Einzelnen 73

B. Rückenmark von Embryonen und jungen Geschöpfen 73

1. Dorsale Wurzeln und Dorsalstränge 74

2. Collateralen der dorsalen Wurzeln und der Fasern der Dorsalstränge . 80

3. Motorische Wurzeln, Ventrale- und Seitenstränge 88

4. Collateralen der Seitenstränge und der ventralen Stränge . 90

5. Nervenzellen . 92

Zusammenstellung der Resultate 100

§ 126. Rückenmark des Erwachsenen 102

§ 127. Muthmasslicher Zusammenhang der Elemente des Markes. Allmeine physiologische Ableitungen 107

Seite

§ 128. Leitungen und physiologische Verhältnisse des Markes im Einzelnen 115—126
1. Die willkürlichen Bewegungen 115
2. Die bewussten Empfindungen 116
3. Reflexe 119
4. Beziehungen der sensiblen Bahnen des Markes zum Gehirne 122
5. Beziehungen des Markes zu den unwillkürlichen Bewegungen 124
6. Bedeutung der Dendriten für die Funktionen des Markes . 126

§ 129. Entwicklung des Rückenmarks. Neuroglia 128
A. Entwicklung des Rückenmarks 128
B. Stützsubstanz des Rückenmarks oder Neuroglia 136
1. Neuroglia des embryonalen Markes 136
2. Neuroglia des ausgebildeten Markes 142

§ 130. Rückenmark von Thieren 153
A. Rückenmark der Fische 154—180
1. Amphioxus 154
2. Myxine, Petromyzon 159
3. Teleostier, Plagiostomen, Ganoiden, Dipnoi 165
4. Abweichende Formen 173
a) Protopterus annectens, b) Ceratodus *Forsteri*, c) Ganoiden, d) Elektrische und Pseudoelektrische Fische, e) Plectognathi.
B. Rückenmark der Amphibien 180—189
I. Urodela s. Caudata 180
II. Ecaudata 184
C. Rückenmark der Reptilien 189
D. Rückenmark der Vögel 191
E. Rückenmark der Säugethiere 192

§ 131. Medulla oblongata 193
§ 132. Gegend der Pyramidenkreuzung und Anfang der Schleifenkreuzung 194
§ 133. Medulla oblongata vom unteren Ende der Oliven bis zur Brücke. Uebersicht der hier vorkommenden Theile 202
§ 134. Die Oliven und ihre Nebenkerne. Pyramidenkerne 204
§ 135. Graue Kerne und Nervenzellen im dorsalen Theile des verlängerten Markes in der Höhe der Oliven 208
§ 136. Verhalten der weissen Substanz im Bereiche der Oliven . . . 210
§ 137. Der oberhalb der Oliven gelegene Theil der Medulla oblongata und die Brücke 217
§ 138. Hirnstiele, angrenzende Theile der Brücke und Vierhügel . . . 224
§ 139. Feinster Bau der Medulla oblongata und der Brücke 227
§ 140. Feinster Bau im Einzelnen. Ursprünge und Endigungen des 3. bis 12. Hirnnerven 229
I. Zungenfleischnerv, Hypoglossus 230
§ 141. II. Accessorius *Willisii*, Vagus, Glossopharyngeus 235
§ 142. III. Acusticus 248
§ 143. IV. Facialis. Portio intermedia *Wrisbergii* 272
§ 144. V. Trigeminus 279
§ 145. VI. Augenmuskelnerven: Abducens, Trochlearis, Oculomotorius . 292
§ 146. Entwicklung der Kopfnerven 304
§ 147. Faserverlauf in der Medulla oblongata und den basalen Theilen des Hinterhirns oder Rautenhirns von *His* 309
A. Die grossen Oliven 315
B. Bedeutung der Einzelzellen der Substantia reticularis grisea et alba 322
C. Corpus restiforme oder Pedunculus cerebelli 326
D. Die Schleifenfasern 330

Seite

E. Die Brückenkerne . 332
F. Nervöse Ependymfasern oder Fasern des centralen Höhlengrau (Längsfasern von *Schütz*) 335
Zusammenstellung der Resultate 336
§ 148. Cerebellum. Anordnung der Elemente im Allgemeinen 338
§ 149. Cerebellum; feinerer Bau; Nervenzellen 347
§ 150. Nervenfasern des kleinen Gehirns, Neuroglia 361
§ 151. Zusammenhang der Elemente des Kleinhirns. Physiologische Ableitungen . 369
§ 152. Mittelhirn und Vorderhirn. Allgemeines 371
§ 153. Mittelhirn. Spezielle Beschreibung 375
§ 154. Striae medullares sive acusticae 379
§ 155. Weiterer Verlauf der lateralen Schleife 391
§ 156. Feinster Bau der lateralen Schleife und des hinteren Vierhügels 396
§ 157. Der vordere Vierhügel 405
§ 158. Der vordere Vierhügel. Feinerer Bau 413
§ 159. Zwischenhirn. Allgemeine Verhältnisse 428
§ 160. Spezielle Beschreibung der Regio opisthothalamica und der Regio hypothalamica . 438
A. Das dorsale Längsbündel (das hintere Längsbündel von *Meynert*, der Fasciculus longitudinalis medialis des Nomenclator anatomicus) und die hintere Kommissur 438
§ 161. B. Rother Kern des Tegmentum (Nucleus tegmenti, Olive supérieure, *Luys*) . 447
§ 162. Ausstrahlungen des rothen Kernes. Basales Ganglion (Ganglion der Ansa peduncularis, *Meynert*) 454
§ 163. C Corpus Luysii, *Forel* s. subthalamicum, *Henle*; Nucleus hypothalamicus, A N C. 458
§ 164. D. Ganglion habenulae und *Meynert*'sches Bündel; Taenia thalami optici, Corpus pineale, Ganglion interpedunculare 470
§ 165. E. Corpora mammillaria, Columnae fornicis, Fasciculus thalamomammillaris (*Vicq d'Azyr*), Pedunculus corporis mammillaris, Fasciculus tegmenti Corporis mammillaris 491
§ 166 Der Thalamus opticus im engeren Sinne. Gröberer Bau . . . 533
§ 167. Feinster Bau des Thalamus opticus. Nervenzellen und Nervenkerne 539
§ 168. Feinster Bau des Thalamus (Fortsetzg). Nervus und Tractus opticus 560
§ 169. Thalamus opticus, feinster Bau, Fortsetzung. Endigungen des Opticus, Ursprünge und Enden anderer Faserzüge 582
§ 170. Basale Opticusganglien, Tuber cinereum, Hypophysis, Tractus peduncularis transversus 597
§ 171. Sekundäres Vorderhirn; Telencephalon, Endhirn nach *His*; allgemeine Verhältnisse 609
A. Centrifugale oder Projektionsfasern 611
B. Zuleitende centripetale Fasern 612
§ 172. Streifenhügel. Allgemeines 612
§ 173. Streifenhügel. Feinerer Bau 615
§ 174. Faserverlauf im Streifenhügel 621
§ 175. Stria terminalis 623
§ 176. Rinde des grossen Gehirnes. Allgemeines 632
§ 177. Verhalten der Elemente der Hirnrinde im Einzelnen. Dunkelrandige Nervenfasern 636
§ 178. Verhalten der Elemente der Hirnrinde im Einzelnen. Nervenzellen von *Golgi*'s I. Typus 644
§ 179. Verhalten der Elemente der Hirnrinde im Einzelnen (Fortsetzung). — Zellen von *Golgi*'s II. Typus, Zellen mit aufsteigendem Axon. Pluripolare Zellen von *Ramón* 653

Seite

§ 180. Verhalten der Elemente der Hirnrinde im Einzelnen (Fortsetzung). Marklose Nervenfasern bei jungen Geschöpfen 663
§ 181. Verbreitung der markhaltigen und der marklosen Fasern in der Hirnrinde des Erwachsenen 669
§ 182. Unterschiede im Baue verschiedener Windungen des menschlichen Gehirnes . 672
§ 183. Beziehungen der Elemente der Hirnrinde zu einander 683
§ 184. Weisse Substanz des Telencephalon 688
§ 185. Rhinencephalon. Allgemeines 692
§ 186. Der Bulbus olfactorius oder der Riechkolben. Allgemeines . . 693
§ 187. Bulbus olfactorius. Feinster Bau 700
§ 188. Der Tractus olfactorius und Lobus olfactorius 721
A. Aeussere Wurzel des Tractus 721
B. Mediale Wurzel des Tractus und Lobus s. Tuberculum olfactorium 724
§ 189. Commissura anterior 729
A. Commissura anterior von makrosmatischen Säugern 729
B. Commissura anterior des Menschen 732
§ 190. Ammonshorn und Fascia dentata. Allgemeines 735
§ 191. Ammonshorn und Fascia dentata. Feinster Bau 740
§ 192. Feinster Bau des Ammonshornes und der Fascia dentata . . . 756
§ 193. Ammonshorn und Fascia dentata des Menschen 762
§ 194. Striae longitudinales des Balkens 770
§ 195. Fornix, Septum pellucidum 774
§ 196. Faserverlauf im Fornix, im Ammonshorne und in der Fascia dentata . 789
§ 197. Neuroglia und Ependymzellen des Gehirns 791
§ 198. Entwicklung der Elemente des Gehirns 796
§ 199. Physiologische Schlussbetrachtungen über die Funktionen der Elemente des Gehirns 803
§ 200. Gehirn von Thieren 813
A. Gehirn der Fische 814
1. Teleostier . 814
2. Cystostomen, Selachier, Ganoiden, Dipnoi 819
B. Gehirn der Batrachier 820
C. Gehirn der Reptilien 822
D. Gehirn der Vögel 826
E. Gehirn der Säugethiere 828

Hüllen und Gefässe des centralen Nervensystems. S. 831—836.

§ 201. A. Hüllen . 831
I. Rückenmark 831
II. Gehirn . 832
B. Gefässe des centralen Nervensystems 836
§ 202. Peripherisches Nervensystem 840
§ 203. Bau der Spinalganglien 842
§ 204. Weiterer Verlauf und Endigung der Rückenmarksnerven . . . 846
§ 205. Kopfnerven . 848
§ 206. Ganglienнerven . 850
§ 207. Grenzstrang der Ganglienнerven, Nervus sympathicus 850
§ 208. Genauere Verhältnisse des Ursprunges und Verlaufes der Nervenfasern des Sympathicus 854
§ 209. Peripherische Ausbreitung der Ganglienнerven 864
§ 210. Entwicklung der Elemente des Nervensystems 871

VORWORT.

Als ich bei der Fortsetzung dieser 6. Auflage meiner Gewebelehre das Nervensystem zu bearbeiten begann, musste ich bald mich überzeugen, dass es unmöglich sei, dieses wichtige Gebiet, in dem neue Methoden und Entdeckungen einen vollständigen Umschwung hervorgebracht hatten, in dem engen Rahmen eines Handbuches zu behandeln und so kam ich, ohne es beabsichtigt zu haben, so weit, dass ich meine Arbeit eher als 2. Auflage meiner mikroskopischen Anatomie bezeichnen könnte.

Diese grössere Ausdehnung des Werkes bringt nun auch die Nöthigung mit sich, die bereits vollendete erste Hälfte des Nervensystems, deren Druck im März begann und im September vollendet wurde, sofort erscheinen zu lassen und ist in unserer schnell lebenden Zeit, in welcher eine Beobachtung die andere drängt, der Wunsch, die Arbeit von mehreren Jahren nicht umsonst gethan zu haben, wohl verzeihlich. Die zweite Hälfte des Nervensystems wird, wo immer möglich, bis Ostern 1894 erscheinen und der Schluss des Werkes im Jahre 1895.

Reichenhall, im September 1893.

A. Koelliker.

Vom Nervensysteme.

§ 116.

Das Nervensystem ist, vom gröberen anatomischen Standpunkte aus betrachtet, ein vollständig zusammenhängendes Ganzes, an dem man zwei grössere Hauptmassen, Rückenmark und Gehirn, und viele zu fast allen Organen von denselben ausgehende Stränge, die Nerven, unterscheidet. Die beiden ersten oder das centrale Nervensystem, die Centralorgane, werden nicht bloss vom anatomischen Standpunkte aus, als Ausgangspunkte der Nerven, sondern auch von Seite der Physiologie, als Anreger der Bewegungen und Sitz der Empfindungen so wie der Seelenthätigkeiten, als übergeordnete Theile angesehen, während man den letzteren oder dem peripherischen Nervensysteme mehr die Rolle der Diener, die Vermittelung der Kontraktionen und Sensationen zuschreibt. Diese Betrachtungsweise ist jedoch nur theilweise richtig, weil 1. auch in den sogenannten Centralorganen sehr viele untergeordnete Theile, wie in den Nerven, vorkommen und 2. das peripherische Nervensystem in den sogenannten Ganglien oder Nervenknoten ebenfalls physiologische und anatomische Centralorgane besitzt. Auch die alte Eintheilung des Nervensystemes in animales und vegetatives kann vor den Erfahrungen der Neuzeit nicht länger Stand halten und ist das letztere oder der Sympathicus, auch das Gangliennervensystem, nur als ein, freilich eigenthümlich gestalteter Theil des peripherischen Nervensystemes zu betrachten.

Die wesentlichen Elemente des Nervensystems sind die Nervenkörper oder Nervenzellen, die alle mit ihren verschiedenartigen Ausläufern, die die Bedeutung von leitenden Apparaten oder Nervenfasern haben, wie die neuesten Untersuchungen lehren, anatomische für sich bestehende Einheiten bilden, die untereinander nicht direkt verbunden sind, sondern nur durch Kontiguität oder Kontakt auf einander wirken. Zur Bezeichnung einer solchen Einheit hat *Waldeyer* das Wort „der *Neurôn*" (ὁ νευρών), die *Neuronen*, vorgeschlagen, welches Wort jedoch nicht das besagt, was es soll, und das ich durch die Worte „Nervenbäumchen", „Neurodendren oder Neurodendridien", zu ersetzen mir erlaube. Ein jedes dieser Neurodendren besteht mindestens aus zwei Theilen, der Nervenzelle und ihren Ausläufern, und diese letzteren zerfallen in vielen Fällen in zwei besondere Gruppen, die Protoplasmafortsätze von *Deiters*,

oder die *Dendriten* von *His*, und den Achsencylinderfortsatz oder den nervösen Fortsatz, für den ich den Namen *Neuraxon* oder *Axon* brauchen will, Fortsätze, die im weiteren Verlaufe oft zu „markhaltigen Nervenfasern“ sich gestalten. Aus Gründen der Zweckmässigkeit wurden schon im § 38 die Nervenzellen und Nervenfasern besonders behandelt und sollen nun der dort gegebenen kurzen Schilderung noch eine Reihe Einzelheiten beigefügt und streitige Fragen besonders beleuchtet werden, was in drei besondere Abtheilungen unter den Ueberschriften: Markhaltige Fasern, Marklose Fasern und Nervenzellen geschehen soll.

Das Wort *Neurôn*, *Neuronen*, das gut klingt, kann sprachlich nicht gebraucht werden, wie vorgeschlagen wurde, denn es bedeutet einen Sammelpunkt vieler Neuren oder Nerven. Von den Worten Neurodendren und Neurodendridien ist das letztere, obschon länger, als Uebersetzung von Nervenbäumchen doch vielleicht entsprechender.

Elemente des Nervensystems.

A. Markhaltige Fasern.

§ 117.

Ranvier'sche Einschnürungen, Marksegmente, Durchmesser der Nervenfasern. Die erstgenannten Bildungen, obschon seit Langem von Manchen gesehen und auch gut abgebildet (s. d. Anm.), wurden doch erst im Jahre 1871 und 1872 von *Ranvier* als eine allgemeine Erscheinung und in ihrer Wichtigkeit erkannt (Compt. rend. 1871 Tom 73. Nov.; Arch. de phys. norm. et path. T. IV. 1872). Derselbe machte nämlich darauf aufmerksam, dass nur an diesen Stellen, die er „anneaux constricteurs“ nennt, Reagentien wie Pikrokarmin, Ammoniak und Höllenstein in die Nervenfasern eindringen und dieselben färben, während diese Stoffe durch die Markscheide hindurch nicht einwirken, und schloss hieraus, dass auch die Ernährungsflüssigkeit sich ebenso verhalte und nur von den Einschnürungen aus ihre Wirkung entfalte.

Ranvier'sche Einschnürungen finden sich abgebildet in meiner Gewebelehre (siehe die in allen Auflagen enthaltene Fig. 305 Bd. I der 6. Auflage, die 6 Einschnürungen auch an Theilungsstellen zeigt, dann die Fig. 173 der 5. Auflage bei *bb*), ferner bei *Ecker* in Icones phys. 1854 Taf. XIII Fig. VIII, der deutlich eine Einschnürung zeichnet und besonders auf dieselbe aufmerksam macht, endlich bei *Czermak* in *Müller*'s Arch. 1849 S. 253 Fig. 6.

Alle weiteren Beobachter bestätigten die Erfahrungen von *Ranvier* in Betreff des normalen Vorkommens dieser Einschnürungen, die wir nach ihm benennen, und machten sich meist auch seine Hypothese zu eigen; zugleich aber erweiterten manche derselben die Beobachtungen des französischen Forschers, unter denen vor Allen *Key* und *Retzius* zu nennen sind, denen wir die Kenntniss einer Menge von Einzelheiten über diese Bildungen verdanken.

Vor allem bestimmten diese Forscher die Länge der Abschnitte oder Glieder zwischen zwei Einschnürungen oder der „Segments interannulaires“ von *Ranvier* in ihrem Verhältnisse zur Dicke der Nervenfasern bei einer Reihe von Geschöpfen und fanden hierbei den schon von *Ranvier* aufgestellten Satz bestätigt, dass mit der Zunahme der Dicke der Nervenfasern im Allgemeinen die Länge der

Glieder wächst. Folgende kleine Tabelle giebt die Hauptergebnisse ihrer Untersuchungen unter Beifügung einiger anderer Angaben:

	Feine Fasern		Dicke Fasern	
	Durchmesser der Fasern	Länge der Segmente	Durchmesser der Fasern	Länge der Segmente
	mm	mm	mm	mm
Mensch	0,002	0,09	0,016	0,96
„			0,010	0,92—1,0 (*Ranvier*)
Hund	0,004	0,32	0,014	0,67
„	0,005	0,75 (*Ranvier*)	0,015	1,15—1,20 (*Ranvier*)
Kaninchen	0,003	0,17	0,017	0,91
Buchfink	0,0016	0,12	0,011	0,51
Frosch	0,0032	0,28	0,016	1,34
Rana esculenta (*Ranvier*)			0,010	1,5—1,8
Hecht	0,0048	0,73	0,016	1,16
Torpedo (*Ranvier*, leçons s. l. syst. nerveux. II p. 170)			0,012	1,20
gewöhnliche Nerven			0,020	2,0—2,25
Torpedo (*Ranvier*)			0,012	0,5—0,6
elektr. Nerven			0,020	1,0—1,15

Aus diesen Zahlen ergiebt sich, dass die Glieder der feinen Nervenfasern beim Menschen am kürzesten sind und dass bei den groben Fasern der Mensch und die Säuger ziemlich auf einer Stufe stehen. Die wenigsten Einschnürungen auf eine gegebene Länge der Fasern haben die Fische und der Frosch. Ueberträgt man die physiologischen Ableitungen von *Ranvier* auf diese Thatsachen, so folgt aus denselben, dass die niederen Wirbelthiere in Betreff der Ernährung der Nervenfasern ungünstiger gestellt sind, als die höheren und dass bei allen Geschöpfen die feinen Nervenfasern vor den groben den Vorrang haben, während a priori gerade umgekehrt zu erwarten gewesen wäre, dass dickere Achsencylinder auch einer grösseren Zufuhr von Ernährungsflüssigkeit bedürfen.

Weiter ist noch zu bemerken, dass bei einem und demselben Geschöpfe die Länge der Nervenfaserglieder im Verhältnisse zum Durchmesser der Fasern manchen Schwankungen unterliegt, mit Bezug auf welche schon nach den bisherigen Erfahrungen gewisse Gesetze sich herausstellen. In erster Linie ergiebt sich, dass in einem und demselben Nervenstamme oder in gleichwerthigen Stämmen kleinere Wechsel in der Länge der Glieder vorkommen, mit Bezug auf welche die Tabellen von *Key* und *Retzius* zu vergleichen sind. Zweitens sind in der Nähe der Endigungen der Nerven die Glieder ausnahmslos kürzer als in den Stämmen, was damit zusammen hängt, dass an diesen Stellen die Nervenfasern mehr im unentwickelten, man könnte selbst sagen, embryonalen Zustande sich befinden. Embryonale Nerven haben nämlich nach den Untersuchungen von *Rouget*, *Leboucq*, *Vignal* und *mir* stets kurze Segmente und zwar um so kürzere, je unentwickelter die Nerven sind (Fig. 349). Es sind übrigens nicht nur die allerfeinsten dunkelrandigen Nervenfasern der Peripherie, die kurze Glieder darbieten, sondern auch stärkere Fasern. Schöne Beispiele solcher bieten

die Aestchen der Muskelnerven (Fig. 346) und diejenigen der elektrischen Nerven von *Torpedo* dar, an welchen auch die von *Key* und *Retzius* zuerst aufgedeckte Thatsache sich nachweisen lässt, dass an allen Theilungsstellen dunkelrandiger Fasern, *Ranvier*'sche Einschnürungen sich finden, mögen dieselben in zwei oder drei oder in acht, zehn und zwanzig Aeste sich spalten.

Eine sehr bemerkenswerthe Thatsache meldet drittens *Ranvier*, dass nämlich bei *Torpedo* die elektrischen Nerven bei gleicher Dicke viel kürzere Segmente haben als die gewöhnlichen Nerven (siehe die obige Tabelle), welche Thatsache er ebenfalls im Sinne seiner oben erwähnten Hypothese verwerthet, indem er annimmt, dass die grössere Zahl der Einschnürungen der elektrischen Nerven eine bessere Ernährung ihrer Achsencylinder und somit auch bedeutendere Leistungen derselben ermögliche.

Zu den auf S. 154 Bd. I gemachten Angaben über das Vorkommen *Ranvier*'scher Einschnürungen an cerebralen Fasern füge ich noch folgendes bei: *Porter* beschreibt an den Nervenfasern des Rückenmarks Schnürringe (Quart. Journ. of micr. sc. 1890 pg. 70), ebenso *Capobianco* und *Germano* (Jahresber. v. *Hermann* und *Schwalbe* 1892 I S. 138). Ferner hat *Ramón y Cajal* im elektrischen Lappen des Zitterrochens bei Versilberung Einschnürungen von Nervenfasern gefunden, an denen die Markscheide fehlte und der Achsencylinder an beiden Enden der Einschnürung einen schwarzen Niederschlag in Gestalt einer Querscheibe zeigte (Rivista trimestrial Agosto 1888 pg. 49—57. Taf. VII, Fig. 2 c, 6, 7). Da jedoch solche dunklen Querscheiben auch ohne Unterbrechung des Markes vorkamen (l. c. Fig. 2, b; 8, a), welche *Ramón* irrthümlicher Weise für *Lantermann*'sche Einschnitte hält, so scheint mir auch hier die Angelegenheit noch nicht spruchreif.

Viel bedeutungsvoller als die eben genannten und die früher erwähnten Angaben von *Le Goff* und *Tourneux* und die von *Schiefferdecker* (s. Bd. I, S. 154), zu denen noch neue Mittheilungen des letzten Autors (Gewebelehre II, S. 190, Fig. 120) dazu kommen, erscheinen die Beobachtungen von *Flechsig* (Sächs. Ber. 1889 und *Du Bois*' Archiv 1889 S. 537, Taf. X), dem es durch Anwendung von japanesischem Rothholz an Hirnpräparaten des Menschen nachzuweisen gelang, dass und wie die nervösen Zellenfortsätze der Pyramidenzellen mit Mark sich umhüllen. Hierbei zeigte sich, dass bei allen Theilungen dieser Fortsätze und bei jeder Abgabe von Seitenästen marklose Stellen vorkommen, die den Abbildungen zu Folge ganz an diejenigen erinnern, welche an gewöhnlichen peripheren Fasern sich finden. Eigenthümlich ist nur, dass *Flechsig* in der Figurenerklärung von einer durch Sublimat färbbaren Hülle der markhaltigen Fasern spricht, welche doch wohl nicht anders gewesen sein kann, als ein oberflächlicher Theil des Markes.

Im Uebrigen scheint mir auch durch diese letzten Untersuchungen die Frage nach dem Vorkommen von marklosen Stellen an centralen Fasern noch nicht ganz erledigt und möchte ich glauben, dass wenn solche sich fänden, dieselben auch an frischen und an Osmiumfasern zu sehen sein müssten, was mir bis jetzt noch nicht gelang.

Die Durchmesser der markhaltigen Nervenfasern schwanken bei einem und demselben Geschöpfe innerhalb weiter Grenzen. Ganz abgesehen

davon, dass die embryonalen Fasern anfangs sehr schmal sind, ergeben sich auch beim Erwachsenen sehr bedeutende Schwankungen, indem hier in einem und demselben Organe, wie in der Rinde und der Marksubstanz aller Theile des Gehirns, im Rückenmark, in den peripheren Nerven, sehr verschiedene Durchmesser sich finden, die von 1 μ bis 10 und 20 μ und darüber gehen. Frägt man nach dem Gesetze, das diese Verhältnisse beherrscht, so lässt sich in erster Linie der Satz aufstellen, dass die Dicke der Nervenfasern in einer bestimmten Beziehung zur Grösse ihrer Nervenzellen steht, so dass grosse Zellen dickeren Fasern und kleine feineren solchen Elementen den Ursprung geben. Berühmte hierher gehörende Beispiele sind die grossen Zellen, die bei Fischen die dicken Fasern der elektrischen Organe entsenden, ferner die von *Fritsch* entdeckten kolossalen Zellen von *Lophius* von 0,13—0,25 mm Grösse mit ihren mächtigen Achsencylinderfortsätzen, die grossen von *Retzius* beschriebenen Nervenzellen der Krustaceen mit ihren dicken nervösen Fortsätzen u. a. m. Auf der andern Seite nenne ich die kleinen Zellen der Ganglien der Kruster mit feinen Achsencylindern, die kleinen Zellen der sympathischen Ganglien, des *Ganglion spirale cochleæ*, der Netzhaut, des olfactorischen Epithels u. a. m., denen feinere und feinste Fasern entsprechen.

Weiter kommen dann noch andere Verhältnisse in Betracht. Allgemeines Gesetz ist es, dass alle Nervenfasern in den Nervenstämmen vom Centrum aus gegen die Peripherie an Dicke abnehmen, in der Art, dass die Endäste derselben stets dünner sind als die Stammfasern, aus denen sie hervorgehen. Hierbei scheint es ferner nach *Schwalbe* Regel zu sein, dass eine motorische Nervenfaser erst dann sich verschmälert, wenn sie sich theilt, während die sensiblen Fasern in ihrem peripheren Verlaufe allmählich an Durchmesser verlieren, solange sie noch ungetheilt sind. Die ausgezeichnetsten Beispiele einer Dickenabnahme zeigen die Nervenfasern der elektrischen Organe von *Torpedo*, bei denen, wie *R. Wagner's* schöne Abbildungen zuerst lehrten, eine dicke Nervenfaser von einem Punkte aus in 12—25 feine Aestchen sich zertheilt, die dann im weiteren Verlaufe unter steter langsamer Abnahme des Durchmessers noch viele Zweitheilungen erleiden. Bei *Malapterurus* sind nach *Fritsch* diese Theilungen noch viel zahlreicher, indem hier eine einzige Nervenfaser über zwei Millionen Enden besitzt. Physiologisch und anatomisch bedeutungsvoll ist es, dass bei diesen Theilungen motorischer wie sensibler Fasern nicht nur die Markscheide, was an sich unwichtig ist, sondern auch der Achsencylinder eine oft sehr bedeutende Zunahme des Gesammtkalibers erfährt, wie *Schwalbe* mit vollem Rechte zuerst betont hat. Beim Zitterwels berechnet *Fritsch* diese Zunahme auf das 346,760fache! Wie die Verhältnisse der Durchmesser der Nervenfasern bei ihrem Ursprunge von Nervenzellen in den Ganglien und den Centralorganen sich verhalten, ist noch nicht genügend untersucht. Halten wir uns an das Nervensystem der Wirbellosen, so ergeben die Untersuchungen von *Retzius*, dass bei den Krustaceen und Anneliden sehr häufig der von der Nervenzelle entspringende Fortsatz feiner ist als die im weiteren Verlaufe aus demselben sich entwickelnde Nervenfaser. Eben so oft und vielleicht noch öfter findet sich aber auch das Gegentheil. In den Spinalganglien und Ganglien der Kopfnerven der Wirbelthiere dagegen scheinen die dunkelrandigen Fasern in der Nähe ihrer Ursprungszellen gewöhnlich feiner zu sein als im weiteren Verlaufe (*Retzius* im Arch. f. Anat.

u. Phys., Anat. Abth. 1880). Von den Nervenfasern des Gehirns und Rückenmarks ist in Betreff ihrer Durchmesser an verschiedenen Stellen ihres Verlaufes wenig bekannt; doch glaube ich aus dem Umstande, dass im grossen und kleinen Gehirn die dunkelrandigen radiären Fasern der grauen Rinde im Allgemeinen dünner sind, als diejenigen der weissen Marksubstanz, den Schluss ableiten zu dürfen, dass auch hier die Fasern an ihren Ursprüngen feiner sind, als im weiteren Verlaufe.

Endlich sei noch erwähnt, dass nach *Schwalbe* bei einem und demselbem Geschöpfe die längsten Nervenfasern auch zugleich die dicksten sind, in welcher Beziehung die sensiblen Nerven weniger Abweichungen zeigen, als die motorischen.

Fragen wir zum Schluss noch, wie in den Nervenstämmen die verschiedenen Fasergrössen gemischt sind, so ergiebt sich, dass die motorischen wie sensiblen Nerven sehr verschieden dicke Fasern enthalten, so jedoch, dass die bedeutendsten Grössen in den ersteren vorwiegen und die sensiblen Nerven im Allgemeinen geringere Durchmesser ihrer Elemente darbieten.

§ 118.

Die Markscheide oder das Nervenmark (das Myelin oder die Myelinscheide der Autoren). Mit diesem Namen bezeichnet man den zwischen der *Schwann*'schen Scheide und dem Achsencylinder gelegenen Bestandtheil der dunkelrandigen Nervenfasern, der durch seine Weichheit und grosse Wandelbarkeit sich auszeichnet und zu den verschiedensten Auffassungen Veranlassung gegeben hat. Mit Bezug auf die chemische Beschaffenheit des Nervenmarkes verweise ich besonders auf die Arbeit von *Kossel* (Gewebel. v. *Schiefferdecker* und *Kossel* II S. 230) und auf *Gad* und *Heymans* (Arch. f. Anat. u. Phys. Phys. Abth. 1890 S. 530) und hebe hier nur hervor, dass der durch Osmiumsäure sich schwärzende Bestandtheil desselben nach *Gad* und *Heymans* eine Form von *Lecithin* ist, die nach ihrer Schwärzung nicht mehr extrahirbar ist, während *Protagon* und *Cholestearin,* die andern wesentlichen Bestandtheile des Markes, durch Alkohol ausgezogen werden können. Als *Neurokeratin* bezeichnen *Ewald* und *Kühne* eine im Mark vorhandene Substanz, die in Osmium sich nicht schwärzt, in Alkohol und Aether sich nicht löst und auch der Pepsin- und Trypsinverdauung widersteht.

Gehen wir zum Verhalten des Nervenmarkes in lebenden Nervenfasern über, so ergeben sich schon über die Frage der Conturen desselben Verschiedenheiten, indem die einen, wie *Henle, ich, Schwalbe* u. A. die Begrenzungen desselben als einfach, andere wie *Ranvier* als doppelt auffassen; ferner werden die Markkegel (I S. 149) einerseits als natürliche Bildungen, anderseits als Kunst- oder Zerfallsprodukte gedeutet. Den ersten Punkt anlangend, so lehrt jede Untersuchung eines frischen Nerven in unschädlichen Flüssigkeiten (Kochsalz von $^1/_2$—$^3/_4$ %, dünnes Jodserum, Humor vitreus, Krebsblut) oder noch besser lebender Nerven in durchsichtigen Theilen (Schwänze von älteren Batrachierlarven), dass die markhaltigen Nervenfasern von Hause aus einfach conturirt sind und erst nach und nach doppelte Umrisse annehmen und noch später in verschiedenen Graden körniges Mark zeigen. Man bezeichnete diese Umwandlung bisher als „Gerinnung“ und ist nicht zu leugnen, dass für eine solche Deutung namentlich

die Umwandlungen sprechen, welche das herausgeflossene Nervenmark erleidet, indem an demselben ebenfalls doppelte Conturen und später körnige Umwandlungen im Innern auftreten. *Henle* und *Kuhnt* haben bei diesen Vorgängen an eine Trennung der fettigen und eiweissartigen Bestandtheile des Markes gedacht, von welcher jedoch die gewöhnlichen doppeltconturirten Nervenfasern keine Spur zeigen. Dagegen bewirkt Ueberosmiumsäure, wie wir unten sehen werden, allerdings Erscheinungen, die kaum anders zu deuten sind und ebenso möchte ich auch das Auftreten der Markkegel in dieser Weise erklären. Noch anders fasst *Ranvier* die doppelten Conturen auf (Traité technique pg. 720), indem er annimmt, dass das Mark Wasser aufnehme und in Folge dessen anschwelle, bei welcher Annahme jedoch unerklärt bleibt, warum das gequollene Mark dunkel erscheint und Nervenfasern mit doppelten Conturen im Allgemeinen keine grösseren Durchmesser besitzen als andere. Unbestritten sei jedoch, dass, wie längst bekannt, Nervenmark in Wasser quillt, sich aufblättert und blass wird (Fig. 42).

Die *Schmitt-Lantermann*'schen Einschnürungen oder die Markkegel, die bereits eine Figur in *Henle's* Allg. Anat. (S. 618 Taf. IV Fig. 5 *h*) erkennen lässt, sind an lebenden Fasern nicht vorhanden und daher nicht als natürliche, vorgebildete Theile anzusehen, mit welchem Ausspruche der Annahme der Mehrzahl der neueren Forscher entgegengetreten wird. Ich begründe denselben in folgender Weise.

Erstens ergiebt die Untersuchung der unberührten Nervenfasern lebender Thiere, wie sie bei älteren Larven von Amphibien durchgeführt werden kann (*Hans Schultze, ich*), dass dieselben einfache, ununterbrochene Conturen besitzen und keine Spur von Einkerbungen zeigen. Diesen Beobachtungen gegenüber haben, wie mir scheint, andere entgegengesetzte Erfahrungen, die an der Nickhaut des Frosches, den Schuppentaschen von Fischen, der Lunge und Zunge des Frosches u. s. w. gesammelt wurden, keine Beweiskraft, da es sich in allen diesen Fällen nicht um Nerven handelte, die in ganz natürlichen Verhältnissen sich befanden.

Zweitens lehrt die Erforschung von Nerven eines eben getödteten Thieres in unschädlichen Medien, dass lange nicht alle Nerven die betreffenden Markunterbrechungen zeigen. Vor allem fehlen dieselben an vielen feineren Fasern, aber auch starke und die stärksten solchen Elemente zeigen oft auf grösseren Strecken keine Markkegel oder nur vereinzelte solche. Dasselbe gilt von Fasern, die mit dem Reagens behandelt wurden, das anerkannter Weise die Nervenelemente am untadeligsten erhält, der verdünnten Ueberosmiumsäure, und zeigen namentlich viele so behandelte Fasern der Centralorgane (Gehirn, Mark) oft auf grössere Strecken keine Spur von Einkerbungen und wird ein ähnliches Verhalten auch bei manchen peripherischen Fasern beobachtet.

Drittens endlich möchte ich die von allen Beobachtern anerkannte und beschriebene grosse Unbeständigkeit der Markkegel mit Bezug auf Form (einfache, procoele und opisthocoele Kegel, Doppelkegel), Länge, Zahl und Stellung der Einkerbungen nicht nur bei verschiedenen Fasern, sondern auch an einem und demselben Elemente betonen und besonders hervorheben, dass dieser Wechsel, im Vergleiche mit der Gesetzmässigkeit im Auftreten der Segmente und Einschnürungen, sehr wenig zu Gunsten der Annahme spricht, dass das Zerfallen

des Markes in kürzere Abschnitte etwas Natürliches sei. Mit demselben Rechte könnte man auch die Varicositäten der centralen Nervenfasern als normale Bildungen deuten, wie dies auch früher geschah.

Wenn nun auch die *Schmitt-Lantermann*'schen Einkerbungen nicht als normale Bildungen angesehen werden können, so ist doch die Frage keine müssige, welche Veränderungen der Nervenfasern die Entstehung derselben bedingen und welche Beschaffenheit die Trennungslinien der Markkegel darbieten. Weder *Schmitt* noch *Lantermann* haben diese Fragen berührt und ist *Ranvier* wohl der erste, der die Hypothese aufgestellt hat, dass in den Einschnitten zwischen den Markkegeln eine Protoplasmaschicht enthalten sei. Nach *Ranvier* findet sich an jedem Segmente unterhalb der *Schwann*'schen Scheide eine dünne Protoplasmalage und diese setze sich an den Einschnürungen auf den Achsencylinder fort und bekleide auch diesen. Zwischen dieser äusseren und inneren Protoplasmalage sollen nun immer zwischen zwei *Lantermann*'schen Markkegeln verbindende Protoplasmablätter von Trichterform sich finden und somit das Mark eines jeden Segmentes in einer grösseren Zahl von Hohlräumen enthalten sein (Leçons. I pg. 118 u. ff.). Beweise für diese Annahmen finden sich bei *Ranvier* keine, denn wenn auch als sicher anzusehen ist, dass zwischen den *Lantermann*'schen Kegeln eine hellere Substanz sich findet, so fehlt doch jeder Anhaltspunkt über die Natur derselben und steht die Annahme der beiden Protoplasmaschichten um den Achsencylinder und unterhalb der *Schwann*'schen Scheide ganz unbegründet da.

Weiter hat dann *Golgi* über die zwischen den Markkegeln befindlichen Theile bemerkenswerthe Angaben gemacht (Arch. per le sc. med. 1880 Vol. IV Nr. 10). Nach diesem Autor finden sich in den Nervenfasern, entsprechend den Einschnitten zwischen den Markkegeln, ebensoviele Systeme von kreisförmig verlaufenden feinen Fäden, die ich die *Golgi*'schen Markfäden nennen will, von denen jedes einen dünnen Hohlkegel darstellt, der seine abgestumpfte Spitze am Achsencylinder, seine breite Basis am Eingange einer Markspalte und somit an der innern Oberfläche der *Schwann*'schen Scheide hat. *Golgi* betrachtet diese Fadensysteme als Stützapparate (apparati di sostegno) für die Marksubstanz oder das sog. Myelin und erwähnt zugleich, dass in gewissen Fällen an der gesammten Oberfläche der Nervenfasern von einer Markspalte zur andern eine Querfaserung wahrzunehmen sei.

Golgi und sein Schüler *Rezzonico* haben nun übrigens die erwähnten Fadensysteme nicht nur an den peripherischen Nervenfasern, sondern auch an den der *Schwann*'schen Scheide entbehrenden centralen Fasern aufgefunden. Auch diese Fasern zeigen, wenigstens im Rückenmark des Pferdes und des Ochsen, Markkegel und Markspalten, doch sind die letzteren schiefer und die ersteren länger, ferner beide weniger ausgeprägt, auch wohl, wie ich oben schon betonte, stellenweise ganz fehlend.

Durch die *Golgi*'sche Behandlung mit doppeltchromsaurem Kali und Höllenstein stellte *Rezzonico* auch an diesen Fasern in der ganzen Länge des Markes dicht aufeinander folgende, lange, trichterförmige Stützapparate (imbuti) dar, welche eng in einander steckend von der Oberfläche der Fasern bis zum Achsencylinder gingen. Diese Trichter, die an ganzen Fasern eine schiefe Streifung des Markmantels bewirken, besitzen eine gewisse Selbständigkeit,

trennen sich leicht von einander und lassen sich selbst isoliren, in welchem Falle sie quer gestreift erscheinen, welches Aussehen nach *Golgi* und *Rezzonico* daraus sich erklärt, dass jeder Trichter aus dichten Windungen eines spiralig aufgerollten Fadens gebildet ist. (S. die Figuren bei *Rezzonico.)*

Die genannten Beobachtungen von *Golgi* wurden im Wesentlichen bestätigt von *Giuseppina Cattani* und von *Marenghi* und *Villa*. Erstere geht jedoch in mehreren Beziehungen noch weiter und fasst die Verhältnisse zum Theil auch anders auf. Erstens findet dieselbe die *Golgi*'schen Fasersysteme nur im Bereiche der Markspalten und nicht auch auf den cylindrokonischen Gliedern, wie *Golgi*. Zweitens nimmt *G. Cattani*, wie *Kühne* und *Ewald*, zwei besondere Markscheiden an, von denen die innere als eine den Achsencylinder in seiner ganzen Länge umgebende angesehen wird, die andere dagegen als an

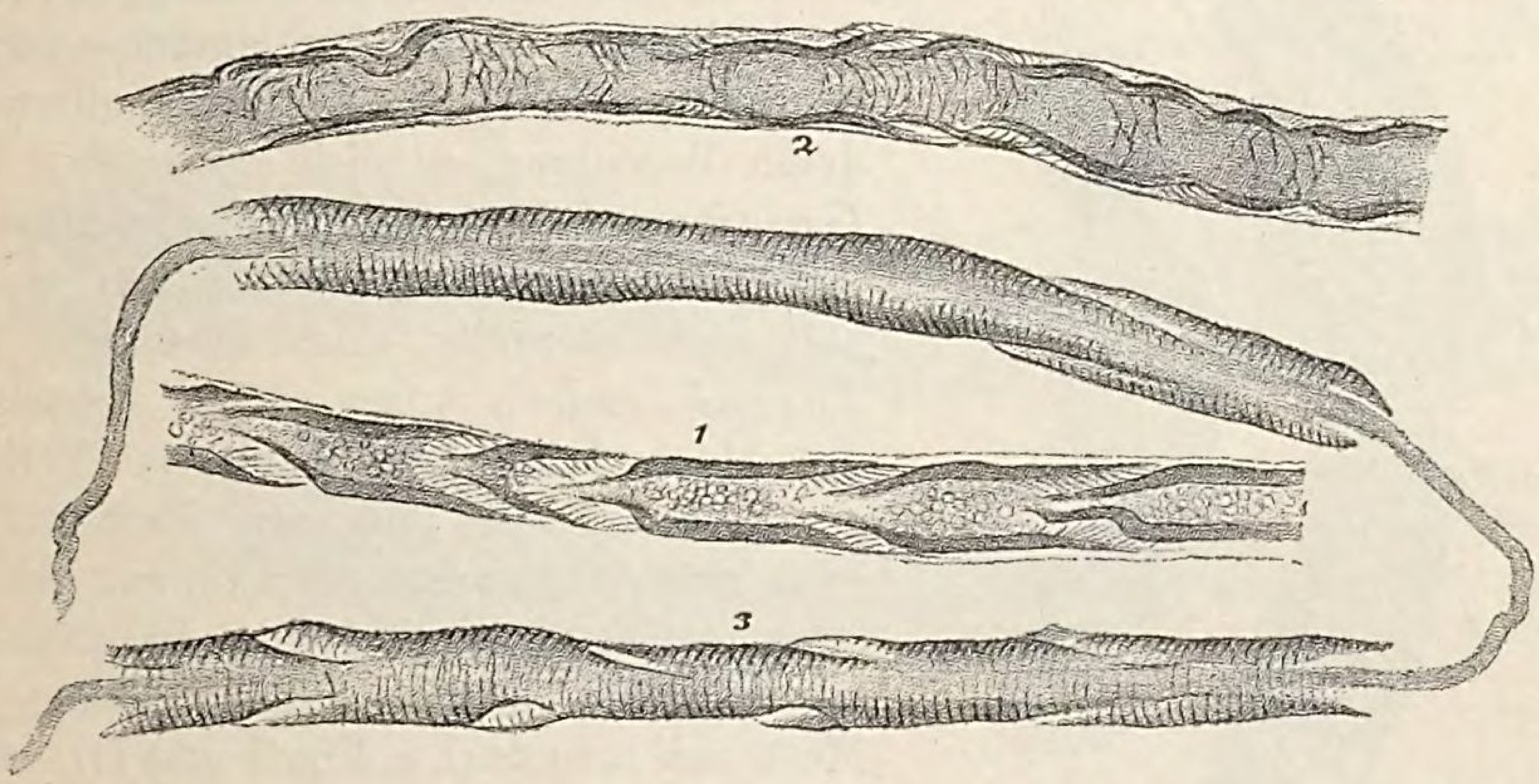


Fig. 330.

den Einschnürungen unterbrochen. Drittens endlich beschreibt dieselbe besondere Fasern in den zwischen je zwei Markspalten befindlichen Theilen des Markes, die in zwei sich kreuzenden Richtungen das Mark durchziehen und in schiefer Richtung von der äusseren Markscheide zur inneren verlaufen. Im Querschnitte sollen diese Fasern Scheiben bilden, deren Fasern in den einzelnen Scheiben unter spitzen Winkeln sich kreuzen, eine Annahme, die mit dem Verhalten der Längsschnitte nicht vereinbar ist, welches darauf hinweist, dass die betreffenden Streifen, wenn sie wirklich Fasern sind, Längsblätter darstellen.

Nach meinen eigenen Erfahrungen kommt alles was *Golgi* abbildet und beschreibt, an den Nervenfasern vor und wurde von mir zuerst an Präparaten von *Golgi* und dann auch an eigenen Objekten gesehen (Fig. 330). Ebenso kann ich auch die *Cattani*'sche schiefe Strichelung des Nervenmarks bei gewissen Behandlungsweisen der Nervenfasern bestätigen. Die Frage liegt für mich somit so, ob

Fig. 330. 1 Nervenfaser aus dem *Ischiadicus* von *Rana* mit deutlichen faserigen *Lantermann*'schen Spalten. 2 Nervenfaser aus einer Nervenwurzel des Ochsen. 3 Froschnervenfaser mit Achsencylinder. Imbuti weniger deutlich. Behandlung mit Osmium. Starke Vergr.

diese Bildungen als natürliche, der lebenden Nervenfaser zukommende anzusehen sind, oder als postmortale, durch gewisse Behandlungsweisen erzeugte. Um dieselbe zu beantworten, müssen die Veränderungen des Nervenmarkes durch Reagentien einer besonderen Betrachtung unterzogen werden. Sehen wir in erster Linie, wie die mit Recht so gerühmte verdünnte Ueberosmiumsäure von 1/1000—1/100 auf frische Nervenfasern einwirkt, so finden wir, dass in gewissen Fällen das Nervenmark, abgesehen von der Schwärzung, keinerlei Veränderungen zeigt. Weiter treten dann cylindrokonische Glieder auf und zugleich eine bis jetzt nur von *Lantermann*, *Golgi*, *Pertik* und *Joseph* erwähnte und zum Theil abgebildete Veränderung. *Lantermann* schildert dieselbe als eine zierliche netzförmige Zeichnung (l. c. Fig. 2), die an Osmiumpräparaten oft mit sehr grosser Regelmässigkeit auftrete und deren Bedeutung er nicht anzugeben wisse. *Golgi* erwähnt einfach die Beobachtung von *Lantermann* (l. c. 1880 S. 16) und enthält sich ebenfalls einer Deutung. Nach *Joseph* endlich treten durch Osmium in der Markscheide zwei in ihrem Verhalten gegen das Licht und den Farbstoff verschiedene Substanzen auf, einmal ein sehr stark gefärbtes regelmässiges Bälkchenwerk, in dessen Maschen das durch Osmium graue Mark sich befinde (l. c. Fig. I und II), welches Balkennetz *Joseph* als mit dem Neurokeratingerüst von *Kühne* und *Ewald* wahrscheinlich identisch ansieht. Diese Ansicht kann sofort als unrichtig bezeichnet werden, denn das sog. Neurokeratinnetz färbt sich nicht in Osmium und zeigt sich nur an entfetteten Nerven; das *Lantermann*'sche Netz dagegen hat dunkle, durch Osmium gefärbte Balken und sind dieselben daher als markhaltig zu bezeichnen (Figg. 331, 332). Meines Erachtens zufolge entsteht dieses Netz, wie auch *Pertik* (S. 224) dies andeutet, durch eine Scheidung des Markes in einen dichteren und minder dichten wasserreicheren Bestandtheil, die jedoch mit den Eiweiss- und den Fett enthaltenden Bestandtheilen des Markes nicht übereinstimmen, da beide in Osmium sich färben. Immerhin wäre es möglich, dass die Balken dieser Osmiumnetze neben Myelinbestandtheilen auch das Eiweiss der Nervenfasern und das sogenannte Neurokeratin von *Ewald* und *Kühne* enthielten, da die Aehnlichkeit derselben mit den Netzen entmarkter Nerven unverkennbar ist.

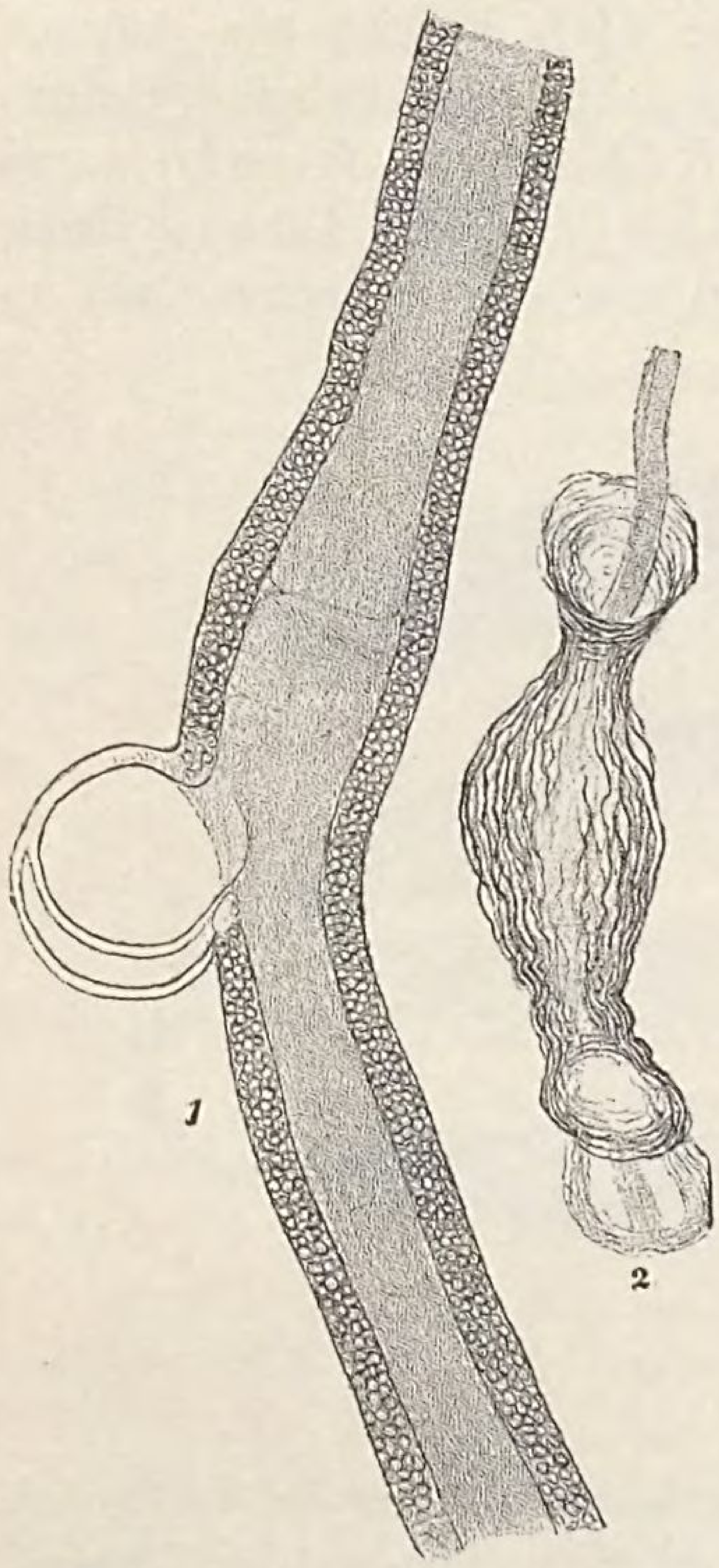


Fig. 331.

Fig. 331. Nervenfasern aus dem Rückenmark des Ochsen mit Ueberosmiumsäure von 1/2 % behandelt. Starke Vergr. 1. Marksubstanz mit netzförmiger Zeichnung und einer Bruchstelle der Faser. 2. Mark, faserig-blätterig.

Eine weitere Verfolgung dieser *Lantermann*'schen- oder Marknetze, wie ich sie nennen will, ergiebt, dass dieselben sehr verschieden grosse Maschen zeigen. Einerseits kommen dieselben noch grösser vor, als *Lantermann* und *Joseph* sie zeichnen, auf der andern Seite aber auch viel feiner, so dass die Maschen schliesslich im Flächenbilde nur wie kleine Punkte oder Körner erscheinen. Solche Nerven zeigen sich dann, wenn sie fein sind, in der Profilansicht wie von einer einfachen Reihe von Körnern begrenzt; sind dieselben dagegen gröber, so erscheint der Markmantel wie aus zwei Systemen schief gekreuzter Linien bestehend, wie *G. Cattani* solche abgebildet und beschrieben hat (1886 Taf. VII Fig. 6 u. 7), Linien, welche diese Beobachterin für feine Fäden erklärt und für einen Stützapparat des Markes hält. Wenn man jedoch weiss, dass alle diese scheinbaren Fäden in Osmium dunkel sich färben, so ergiebt sich die Unrichtigkeit dieser Auffassung von selbst und zeichnet auch *G. Cattani* die betreffenden Gebilde alle dunkel. Vor *G. Cattani* scheinen übrigens schon *Golgi* und *Rezzonico* an den Nervenfasern des Rücken-

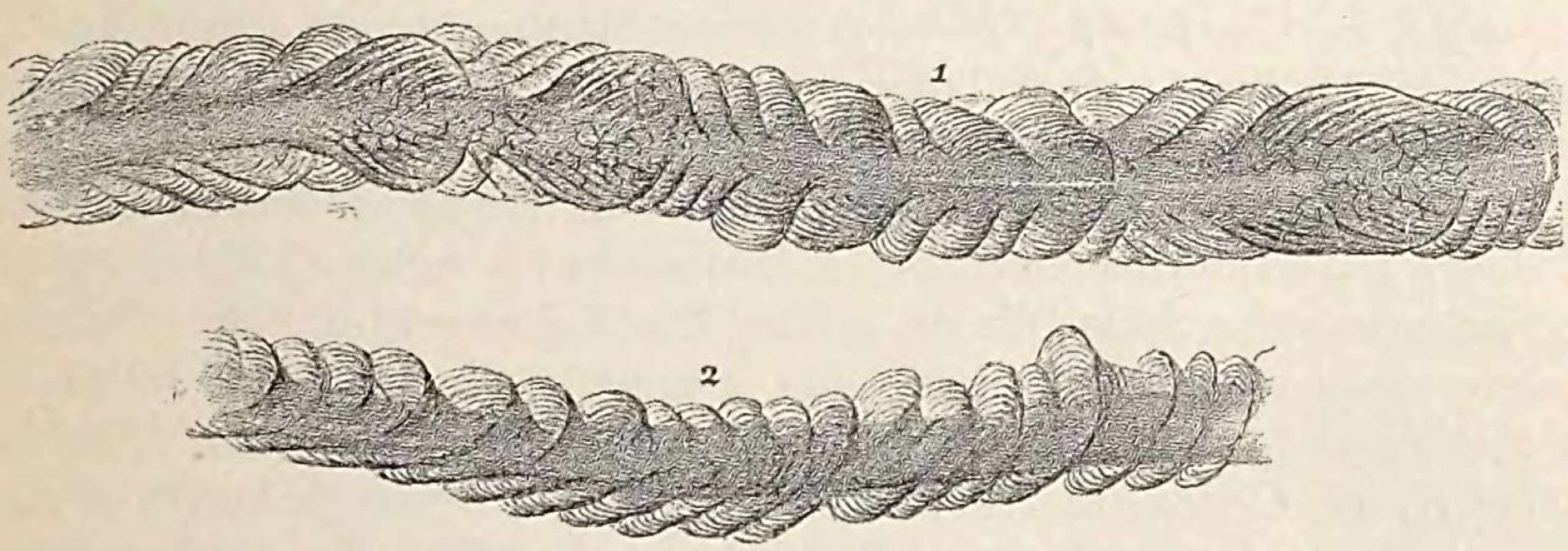


Fig. 332.

markes die schiefen Streifungen gesehen zu haben (s. *Golgi* l. c. pg. 23 und *Rezzonico* l. c.), doch deuten sie dieselben wie oben schon angegeben wurde, in anderer Weise.

Zum Studium der gröberen *Lantermann*'schen Mark-Netze sind peripherische gröbere Nervenfasern, wenn sie nicht zu stark gefärbt sind, am geeignetsten, die feineren und feinsten Netze dagegen und die *Cattani*'schen schiefen Streifen sieht man am schönsten an den dicken Nervenfasern des Markes grösserer Säuger und an denen der Nervenwurzeln, womit jedoch nicht gesagt sein soll, dass dieselben nicht auch an anderen Nerven zu sehen sind. An den genannten mit dünnem Osmium ($^1/_{200}$—$^1/_{1000}$) behandelten Fasern gelingt es auch leicht, eine andere Beobachtung zu machen, die über die Gesammtverhältnisse des Nervenmarkes Licht verbreitet, die nämlich, dass der Markmantel in diesem Reagens einen blätterigen Bau darbietet und dass die schiefen Streifen nichts als der Ausdruck von schief gestellten, trichterförmig in einander steckenden Blättern sind, aus denen das gesammte Mark besteht (Fig. 332). Jedes Blatt zeigt dann ausserdem noch einen gröberen oder feineren

Fig. 332. Nervenfasern des Frosches (*Ischiadicus*) mit Ueberosmiumsäure von $^1/_2$% mit blätterig abgehobener Markscheide. In 2 sind die Marktrichter sehr deutlich. Syst. VII, Oc. 3. kurzer Tub. eines *Leitz*.

Netzbau und dem entsprechend entweder gröbere hellere Interstitien, wie Vacuolen, oder ein verschieden feines körniges Gefüge oder eine Netzstruktur. Von diesen Verhältnissen überzeugt man sich am leichtesten an den Stellen, an denen das Mark gequollen ist, wie an Faserenden oder an Unterbrechungen desselben im Verlaufe einer Faser. *Pertik* zeichnet ebenfalls solche blätterig gewordenen Markscheiden, (l. c. Fig. 6) deutet dieselben jedoch, wie mir scheint nicht entsprechend, als aus Fibrillen bestehend.

Besondere Beachtung verdient ferner, dass auch die Fasern, die die Markspalten durchziehen (*Golgi*) nichts als Theile solcher Blätter sind, deren Verlauf in Folge der Zerklüftung des Markes ein steilerer ist, als in den zwischenliegenden Theilen. Die queren in den *Lantermann*'schen Spalten von *Golgi* gefundenen Linien sind somit meiner Deutung zufolge nichts als Theile auseinandergetretener Markblätter. Die wirklichen Ränder dieser Blätter bewirken dagegen eine auch von *Golgi* gesehene oberflächliche Querstreifung der Blätter von Osmiumfasern.

Aus dem bisher Geschilderten geht hinreichend deutlich hervor, dass ich die von *Golgi*, *G. Cattani* u. A. beschriebenen Streifungen und scheinbaren Faserbildungen von Osmiumfasern vollkommen anerkenne (Fig. 330). Auf der andern Seite bin ich nicht im Stande, diese Bildungen als besondere Stützapparate aufzufassen, noch auch in denselben Anordnungen zu sehen, die der unveränderten Nervenfaser zukommen. Die erste Annahme betreffend, so mache ich auf eine bisher nicht gewürdigte Thatsache aufmerksam, die von grosser Wichtigkeit erscheint, die nämlich, dass wie oben schon angedeutet wurde, alle genannten Fasersysteme in Osmium sich schwarz färben und somit Nervenmark enthalten. Alle Abbildungen von *Golgi*, *G. Cattani*, *Rezzonico* zeigen die Trichter (imbuti) und anderen Fasersysteme an Osmiumfasern schwarz und bestehen dieselben mithin aus Nervenmark und so habe auch ich dieselben ohne Ausnahme gefunden. Im Widerspruch hiermit behauptet allerdings *G. Cattani*, dass die Fasersysteme auch an Fasern gesehen werden, an denen das Mark ausgezogen war. Dieselbe will nämlich gefunden haben, dass Terpentin auch an Nervenfasern, die mit Osmium oder mit Osmium und chromsaurem Kali behandelt waren, das Myelin löse. Hiergegen habe ich zu bemerken einmal, dass diese Angabe nicht richtig ist und zweitens dass *G. Cattani* selbst an so behandelten Fasern den *apparato di sostegno* ebenso dunkel abbildet, wie an Fasern, die der Einwirkung von Osmium allein unterlagen, wie eine Vergleichung ihrer Fig. 4 u. 11 mit den Fig. 1—3, 5—9 lehrt.

Dem Gesagten zufolge ist nicht zu bezweifeln, dass die *Golgi*'schen Fasersysteme theilweise aus Nervenmark bestehen und nicht einfach Stützapparate sind, dagegen wäre es allerdings denkbar, dass dieselben ausser dem Nervenmark noch einen zweiten Bestandtheil enthielten, dem vielleicht die Bedeutung einer Stützsubstanz zugeschrieben werden könnte. Um diese Frage zu erledigen, ist es nöthig, die Veränderungen ins Auge zu fassen, die Nervenfasern zeigen, denen das Mark entzogen wurde, was nun im Folgenden geschehen soll.

An solchen Nervenfasern treten eigenthümliche Bildungen auf, die wir 1877 zuerst durch *Ewald* und *Kühne* kennen gelernt haben. Nach diesen Autoren beobachtet man in Nervenfasern, deren Mark durch kochenden Alkohol, und Aether ausgezogen wurde, ein knorriges Gerüst von starker Lichtbrechung mit

überall doppelten Conturen, das einerseits an der *Schwann*'schen Scheide, anderseits am Achsencylinder wurzelt. Da Pepsin- und Trypsinverdauung diese Gerüste nicht wesentlich verändern, so betrachten *Ewald* und *Kühne* dieselben als aus Hornstoff (Neurokeratin *E.* u. *K.*) bestehend und nehmen an den Nervenfasern äussere und innere Hornscheiden an, zwischen welchen jedoch mehr oder minder stark verästelte Brücken ausgespannt seien, welche Scheiden als natürliche Bildungen und als Hüllen, Stützen und Unterlagen der weichen Marksubstanz aufgefasst werden.

Das *Ewald-Kühne*'sche Gerüst ist leicht nachzuweisen und wurde, seit *Tizzoni* 1878 dasselbe an mit Chloroform gekochten Nerven bestätigt hat, wohl von vielen gesehen, aber ausser von *Tizzoni, Pertik, mir* (Fig. 333) und *Gedoelst* von Niemand abgebildet. In Betreff der genaueren Beschaffenheit desselben und seiner Deutung herrschen dagegen noch widersprechende Ansichten.



Fig. 333.

Gehe ich zuerst auf die Beschaffenheit des Netzes ein, so kann ich mit *Pertik* nicht übereinstimmen, der dasselbe als eine der *Schwann*'schen Scheide anliegende hautartige Ausbreitung oder als einen Hohlcylinder beschreibt, und habe ich in allen Fällen, in denen das Netz gut ausgeprägt war, dasselbe wesentlich so gesehen, wie *Ewald* und *Kühne* und *Tizzoni* es schildern. Im Einzelnen ist nun aber in Betreff der Art und Weise, wie Nervenfasern, denen das Mark ausgezogen wurde, sich verhalten, zu bemerken, dass dieselben eine grosse Mannigfaltigkeit der Erscheinungen darbieten. In der Mehrzahl der Fälle findet man an mit Alkohol absolutus gekochten und nachher mit Aether behandelten Nerven das *Ewald-Kühne*'sche Netz, doch erscheint dasselbe sehr verschiedenartig, indem es bald grobe Maschen und Balken darbietet, wie in der Fig. 333, und in der Abbildung von *Tizzoni* und bei *Pertik* Fig. 9 und 10, bald aus dicht verbundenen feinen Fäserchen besteht und nur enge Lücken zeigt. Solche feine Netze gehen dann schliesslich in noch zartere Bildungen über,

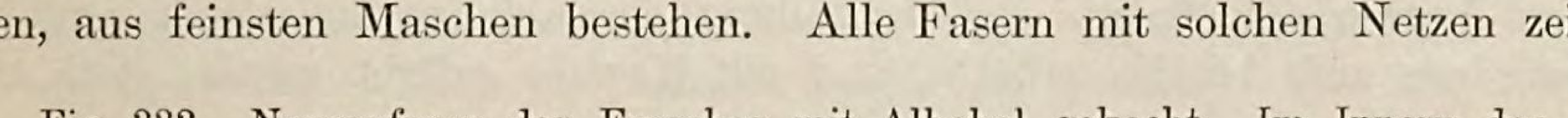


Fig. 334.

die einfach feinkörnig erscheinen (Fig. 334) und doch, wie Uebergangsstellen lehren, aus feinsten Maschen bestehen. Alle Fasern mit solchen Netzen zeigen

Fig. 333. Nervenfaser des Frosches mit Alkohol gekocht. Im Innern der verbogene Achsencylinder. Zwischen demselben und der *Schwann*'schen Scheide das sogenannte Neurokeratinnetz, ein Kunstprodukt. Starke Vergr.

Fig. 334. Nervenfaser des Frosches mit Chromosmium-Essigsäure und Alkohol behandelt. Starke Vergr.

Ranvier'sche Einschnürungen als Unterbrechungen der Netze, ferner die *Schwann*'sche und *Henle*'sche Scheide und bei Färbung mit Karmin auch deren Kerne, lassen dagegen keine Spur der *Lantermann*'schen Glieder, etwa als Unterbrechungen der Netze, noch auch der *Golgi*'schen Fasersysteme erkennen, sind vielmehr in der ganzen Länge ihrer Segmente von geraden Umrissen begrenzt und zusammenhängend. An Querschnitten gröberer Fasern sind die Netze auch zu erkennen und ergeben sich als den gesammten Raum zwischen der *Schwann*'schen Scheide und dem Achsencylinder erfüllend und häufig so angeordnet, wie wenn sie mehrfache konzentrische Röhren bildeten.

Ergiebt sich an so behandelten Nerven nichts, was an die *Lantermann*'schen Glieder und an die *Golgi*'schen Fasersysteme erinnerte, so treten bei anderen Methoden bemerkenswerthe Andeutungen beider auf. An mit Chromessigsäure und nachher mit absolutem Alkohol behandelten Nerven erscheint das *Ewald-Kühne*'sche Netz in manchen Fällen gegliedert und wie aus bikonischen oder einfach kegelförmigen Abtheilungen bestehend, die einerseits der *Schwann*'schen

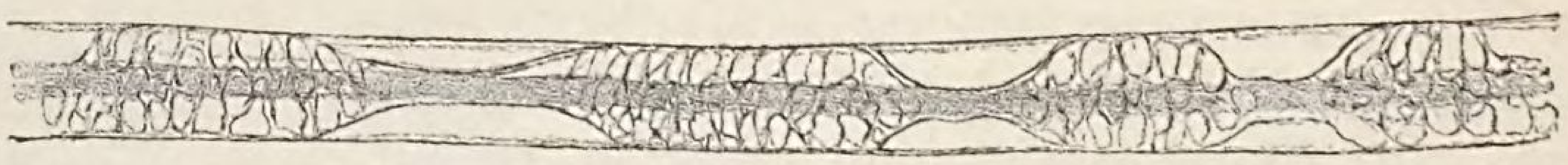


Fig. 335.

Scheide und anderseits dem Achsencylinder ansitzen und durch leere oberflächliche Felder von einander getrennt sind (Fig. 335). Die einzelnen Glieder des Netzes, die alle untereinander zusammenhängen, erscheinen oft wie querstreifig, ergeben sich jedoch ohne Ausnahme als aus netzförmig zusammenhängenden Fasern bestehend. Dagegen erinnern einzelne Fasern, die hie und da die hellen leeren Räume durchsetzen, eher an *Golgi*'sche Querfasern, ohne jedoch solchen ganz zu entsprechen. In Karmin färbt sich dieses Netz blassroth, was übrigens auch von dem *Ewald-Kühne*'schen Netze gilt.

Sehr ähnliche Bildungen ergab auch Platinchlorid und absoluter Alkohol, nur waren in diesem Falle die Netze im Allgemeinen sehr zart und blass und zum Theil wie in eine gleichartige Masse zusammengeflossen, wogegen die Begrenzungslinien der Unterabtheilungen derselben stärker vortraten und wie Balken erschienen, die in verschiedenen, meist schiefen Richtungen von der *Schwann*'schen Scheide zum Achsencylinder verliefen.

Die schönsten Andeutungen der *Lantermann*'schen Trennungslinien gewann ich an Nerven, die behufs der Darstellung der Achsencylinder mit verdünnter Chromsäure und Alkohol erhärtet und mit Karmin gefärbt waren, doch treten

Fig. 335. Nervenfaser des Frosches mit Chrom-Essigsäure und Alkohol behandelt, mit Achsencylinder, *Schwann*'scher Scheide und Marknetz. Starke Vergrösserung.

die gleich zu beschreibenden Bilder nur in einzelnen Präparaten hervor, weshalb sie wohl auch bis anhin keine grössere Beachtung fanden. Das Eigenthümliche dieser Nervenfasern liegt darin, dass an ihnen scheinbar der in den *Lantermann*'schen Spalten befindliche Theil des Markes intensiv roth gefärbt ist. Dieselben zeigen nämlich, wie die Fig. 336 darstellt, von Stelle zu Stelle rothe Trichter, die genau so angeordnet und gestellt sind, wie die *Lantermann*'schen Spalten, und am deutlichsten im scheinbaren Längsschnitte als schief gestellte Paare rother, schmaler Streifen sich zeigen, aber auch im Flächenbilde oft als blasse konische Felder mit deutlichen Begrenzungsrändern und an Querschnitten als Ringe sich erkennen lassen. In manchen Fällen waren auch die rothen Trichter an der Spitze oder an der Basis wie eingedrückt und dann zeigten sich die rothen, ihre Profilansicht darstellenden Streifen wirklich gebogen ähnlich wie in Fig. 337, 2. Die ausser diesen Trichtern noch vorhandene Marksubstanz war auch roth gefärbt und erschien bald feinkörnig, bald schief gestreift, auch wohl mit Andeutungen von Netzen.

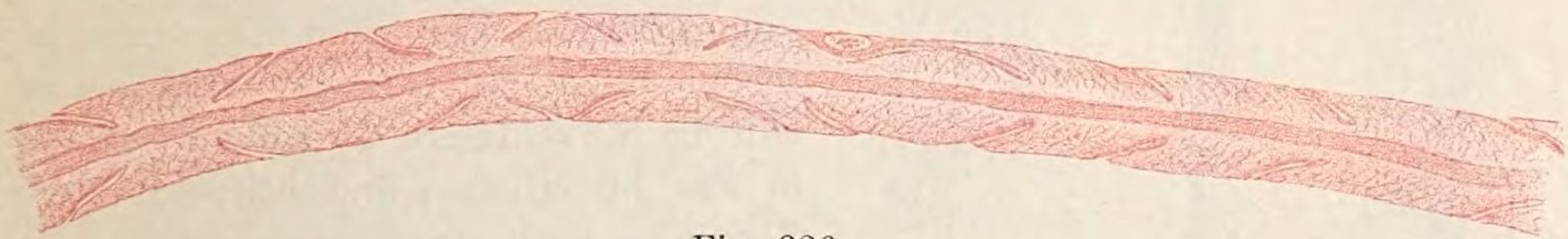


Fig. 336.

Nervenfasern wie die eben beschriebenen sind vielleicht bereits von *Pertik*, *Kuhnt* und *Koch* gesehen worden. *Kuhnt* beschreibt (Med. Cntralbl. 1876 Nr. 49 und Arch. f. mikr. Anat. Bd. XIII) Zwischenmarkscheiden (auch Becher oder Hohlcylinder), d. h. zwischen den einzelnen *Lantermann*'schen Segmenten von der *Schwann*'schen Scheide bis zum Achsencylinder ausgespannte Membranen, doch scheint er keine diese Bildungen deutlich zeigende Präparate gesehen zu haben. Anders *Koch* (Tagebl. der 51. Naturforschervers. 1878 S. 262 und Ueber Marksegmente der doppeltconturirten Nervenfasern und deren Kittsubstanz Diss. Erlangen), der sowohl an mit Chloroform und Dahlia gefärbten, als auch an mit Chloroform und Silber behandelten Nerven die von ihm Kittsubstanztrichter genannten Bildungen deutlich darstellte (l. c. Fig. 2—6 und 7—10).

Ebenfalls genau beschreibt *Pertik* (Arch. f. mikr. Anat. Bd. XIX 1881) an mit Chloroform gekochten und mit Karmin gefärbten Nerven diese Verhältnisse, indem er sagt: „Zwischen *Schwann*'scher Scheide und Achsencylinder sind zierliche trichterartige Gebilde ausgespannt und ist der Nervenschlauch im Uebrigen leer oder von feinsten Körnchen gleichmässig erfüllt. Die Trichter, deren breitere Oeffnungen an vielen Stellen scheinbar zackig sind, färben sich mit Karmin

Fig. 336. Nervenfaser des Frosches mit Chromsäure von 0,2 und Karmin behandelt. *Lantermann*'sche Einschnürungen als rothe Blätter oder Trichter sichtbar. Ein Kern der *Schwann*'schen Scheide sichtbar. Starke Vergr.

schwachrosenroth, und bestehen aus einer äusserst zarten, sehr fein gekörnten Lamelle" —. Aehnliches habe auch ich an Chloroformpräparaten gesehen, jedoch nicht so schön wie an den oben beschriebenen Fasern.

In neuester Zeit beschreibt auch *Schiefferdecker* die Trichter, die er Zwischentrichter nennt, und behauptet, dass dieselben in Silber und Osmium sich dunkel färben (Gewebelehre I S. 188, Fig. 115—117). Fig. 118 zeigt dieselben im Querschnitte von Nervenfasern, wo schon *Ranvier* sie wahrgenommen hat (Leçons I pl. II Fig 7).

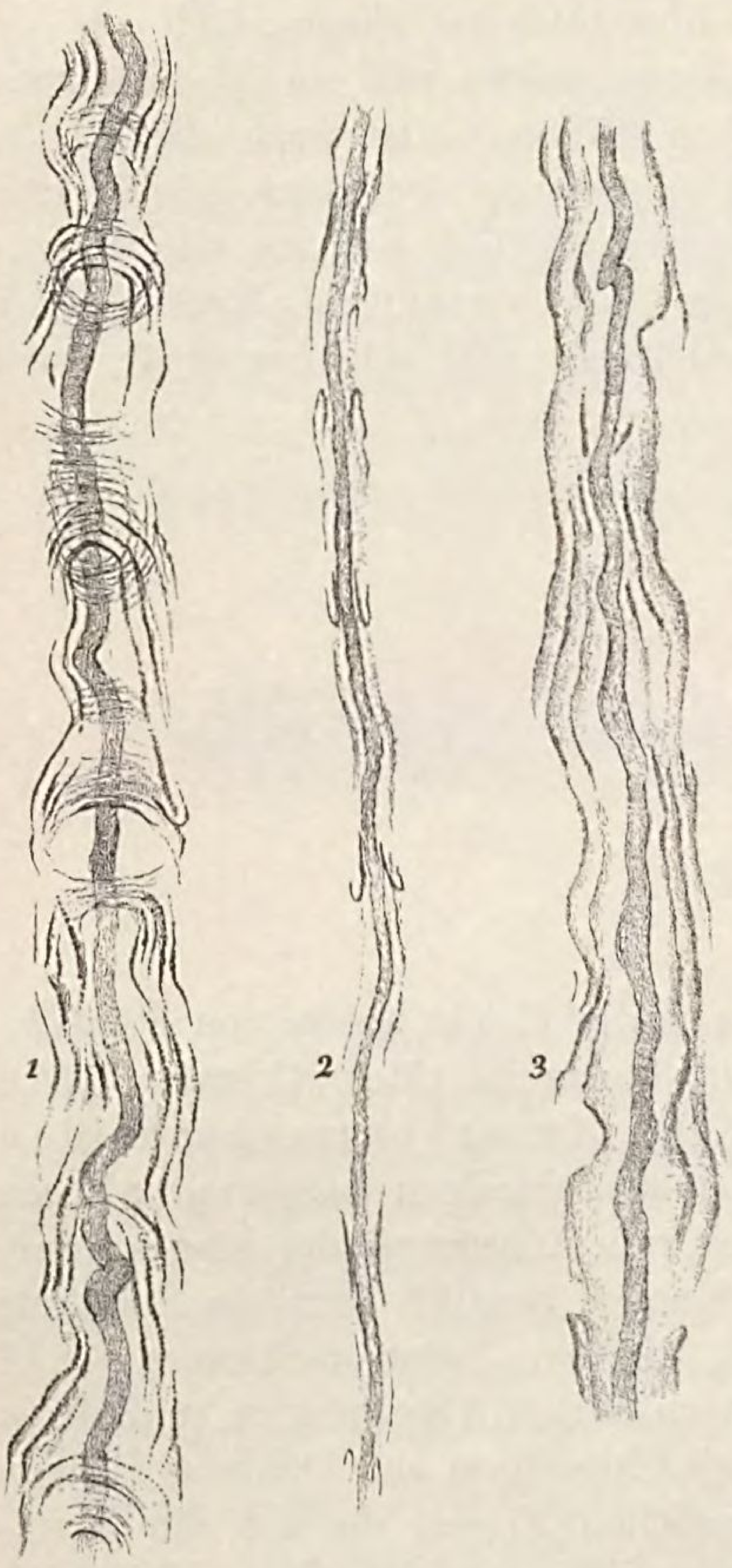


Fig. 337.

Alles bisher Angegebene bezog sich nur auf periphere Nervenfasern des Menschen, von Säugern und des Frosches, nun ist aber auch noch der centralen Fasern zu gedenken, die wieder Eigenes ergeben. Digerirt man kleine Stücke des Rückenmarks des Ochsen in absolutem Alkohol während 3—4 Tagen bei 30° R. und behandelt dann feine Schnitte mit karminsaurem Natron, so gewinnt man wunderbar schöne Bilder des Gliagerüstes und erhält die Nervenfasern der weissen Substanz in situ gut erhalten und bei sorgfältigem Zerzupfen auch streckenweise isolirt. An solchen Fasern stellt der seines Myelins beraubte Markmantel eine unterbrochene Lage dar und erkennt man an der Grösse der Theilstücke leicht, dass die Unterbrechungen den *Lantermann*'schen Spalten entsprechen. In der That haben auch viele der Markreste eine konische oder Trichterform, während andere einfach röhrenförmig oder selbst ringförmig erscheinen. Dieselben sind ferner blassrosa gefärbt und sehen im Profil wie körnige Häutchen aus, ergeben sich jedoch im Flächenbilde als aus feinen Netzen bestehend. Somit bringt Alkohol auch an centralen Fasern ähnliche Bildungen hervor, wie *Ewald* und *Kühne* sie an den peripheren Fasern fanden (und auch an den Fasern des Markes andeutungsweise gesehen zu haben scheinen), mit dem Unterschiede jedoch, dass ununterbrochene Netze, soviel ich bisher sah, ausnahmslos

Fig. 337. Nervenfasern aus dem Rückenmark des Ochsen mit *Müller*'scher Flüssigkeit, Alkohol und karminsaurem Ammoniak behandelt. Starke Vergr. 1. Eine starke Faser mit mässig deutlichen *Lantermann*'schen Zwischentrichtern. 2. Eine feine Faser mit sehr scharfgezeichneten Trichtern. 3. Eine grobe Faser mit undeutlichen Trichtern. Achsencylinder bei allen Fasern deutlich. Eine äussere Begrenzungslinie der Fasern nur bei 2 zu erkennen.

fehlen. Möglich, dass eine kürzere Einwirkung von absolutem Alkohol solche zum Vorschein bringt, was ich für einmal nicht entscheiden kann.

Weiter habe ich das Mark der genannten Säuger mit Aether, mit *Müller*'scher Flüssigkeit, mit solcher und mit Höllenstein, dann mit *Kali causticum* und mit *Ac. aceticum* behandelt. Von diesen Reagentien macht Aether das Mark blass und scheinbar grobkörnig, doch sind in Wirklichkeit zusammenhängende aber undeutliche Netze da, während jede Spur *Lantermann*'scher Glieder fehlt.

Wochenlang in *Müller*'sche Flüsssigkeit aufgehobenes und durch karminsaures Natron gefärbtes Mark zeigt Nervenfasern, deren Mark obschon stark verändert, doch im Zusammenhang erhalten ist. Die Veränderungen beruhen einmal auf einer starken Quellung des gesammten Markcylinders und dann auf dem Auftreten von blätterigen Gebilden in demselben (Fig. 337). Diese Blätter erscheinen oft wie trichterförmig und stehen dann bei dünnen Fasern mehr isolirt oder wie dicht in einander geschachtelt, stellenweise so dicht, dass sich nicht mehr unterscheiden lässt, ob Lamellen vorhanden sind, die zu 3, 4 oder 5 an einer Stelle einander parallel verlaufen oder langgezogene Trichter bilden. Alle diese Blätter stellen sich im Profil wie dunkle ungefärbte Linien dar und bestehen wie aus kleinen Körnern. Im Flächenbilde sind die Lamellen sehr blass, doch glaubt man manchmal Andeutungen einer zarten Querstreifung zu erkennen, dagegen ist von Netzen nichts zu sehen. Die zwischen den Blättern liegende Marksubstanz ist ebenfalls ungefärbt mit einem schwachgelben Tone und strukturlos. Behandelt man Präparate aus *Müller*'scher Flüssigkeit nachträglich mit Höllenstein, so färben sich die Blätter und Lamellen durch körnige Silberniederschläge schwarz (Fig. 338), doch ist es mir nie gelungen, so regelmässige Trichter zu erhalten, wie sie *Rezzonico* zeichnet.

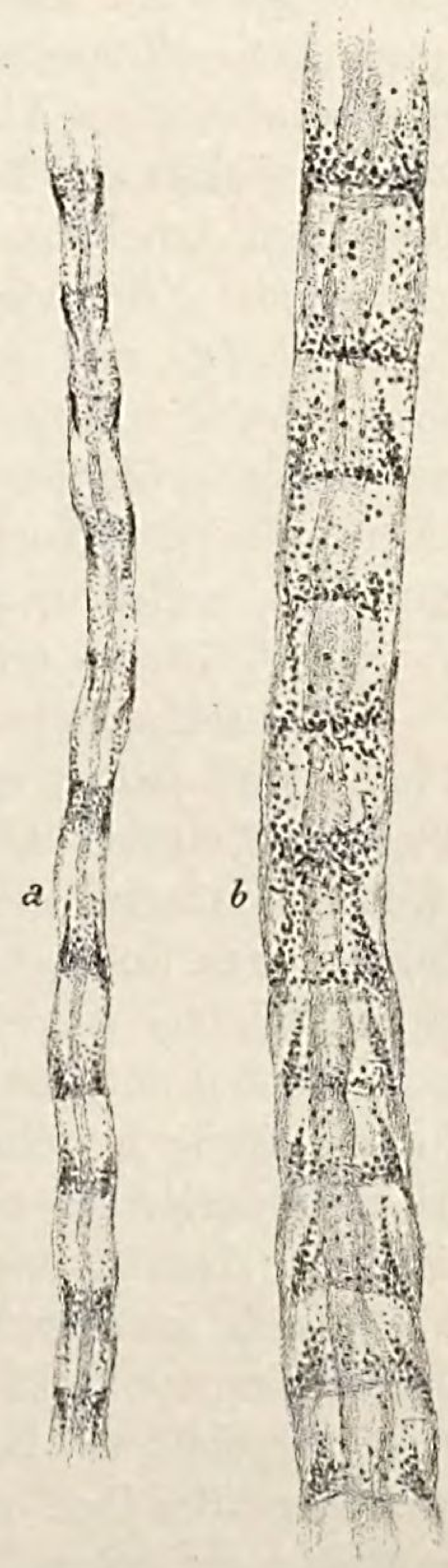


Fig. 338.

Mit *Kali causticum* von 35 % mehrere Tage bei 30° R. digerirtes Mark zeigt scheinbar nichts als grosse Myelintropfen in zusammenhängenden, grossen, weissen Massen, die äusserlich blätterigen Bau besitzen und innen homogen sind. Achsencylinder, Kerne und Glia sind verschwunden. Solche Stücke lange Zeit mit absolutem Alkohol behandelt, werden durchscheinend und fester und lassen eine netzförmige körnige Substanz erkennen, die wohl unzweifelhaft als von einem Theile des Nervenmarkes herrührend, angesehen werden darf.

Ziehen wir nun das Facit aus allen den geschilderten Beobachtungen, so kommen wir zu dem allgemeinen Ergebnisse, dass alle Formgebilde, die durch verschiedene Behandlungsweisen aus dem Nervenmark sich gewinnen lassen, Kunstprodukte sind und keinen natürlichen Bildungen entsprechen. Frisches

Fig. 338. Nervenfasern der Fig. 337 nachträglich mit Höllenstein behandelt. *a* feine, *b* starke Fasern mit z. Th. gut gefärbten Trichtern. Starke Vergr.

Nervenmark ist eine ganz gleichartige, zähflüssige Masse, die durch keine inneren Einrichtungen, Fasernetze, Blätter, Stützapparate u. a. m., am Ausfliessen gehindert wird und erst in zweiter Linie solche Bildungen zeigt. Am allerhäufigsten ist ein blätteriger Bau, ein Zerfallen in Lamellen, welches schon am ausgeflossenen Marke in Wasser eintritt und durch ein verschiedenes Aufquellen der einzelnen Theile desselben erklärt werden kann. Solche Blätter und scheinbaren Fasern zeigt auch das Nervenmark in situ, wenn dasselbe gewisse Veränderungen erlitten hat und namentlich *Lantermann*'sche Spalten zeigt, wie schon *Golgi* nachgewiesen hat, Bildungen, die ich nicht als Stützapparate ansehen kann, da sie, wie ich oben schon betonte, in Osmium sich färben. Nun treten allerdings den *Golgi*'schen Stützapparaten ähnliche Bildungen auch bei verschiedenen andern Behandlungsweisen, wie an mit Chromsäure, mit *Müller*'scher Flüssigkeit und mit absolutem Alkohol behandelten centralen Fasern, zum Theil mit grosser Regelmässigkeit und Beständigkeit auf (Fig. 336, 337) und sprechen solche Präparate dem ersten Anscheine nach sehr zu Gunsten der Ansicht, dass im Nervenmark trotz seines gleichartigen Aussehens doch ein Strukturverhältniss sich vorfinde, wie es *Golgi* und seine Schüler annehmen, eine Vermuthung, die in der Thatsache, dass die *Lantermann*'sche Gliederung so sicher und schnell an offenbar nur wenig veränderten Nervenfasern eintritt, eine kräftige Unterstützung zu finden scheint. Auch ich vermag mich dem Gewicht dieser Thatsache nur schwer zu entziehen, allein ich bin doch schliesslich zur Ueberzeugung gekommen, dass alle Trichter- und Faserbildungen keine natürlichen Zustände darstellen.

Die schlagendste Thatsache nach dieser Seite ist die Art und Weise, wie Alkohol und Aether auf die Nervenfaser einwirken. Wenn die *Lantermann*'schen Glieder und ebenso die *Golgi*'schen Trichter- und Fasersysteme natürliche Bildungen wären, so müssten dieselben nach dem Ausziehen der fettigen Bestandtheile des Markes auch an den peripherischen Nervenfasern zum Vorschein kommen, was bekanntlich nie geschieht. Solche Elemente zeigen immer und ohne Ausnahme nach Alkohol und Aetherbehandlung nur das *Ewald-Kühne*'sche Netz, das keine Unterbrechung in seinem Verlaufe und keine Sur von blätterigen Gebilden und Trichterformationen zeigt, obschon solche an Osmiumpräparaten vor allem so leicht zur Anschauung kommen.

Auch das *Ewald-Kühne*'sche Netz vermag ich übrigens nicht anders, denn als ein Kunstprodukt aufzufassen und ist dasselbe sicherlich nicht im Nervenmark vorgebildet. Behandelt man kleine Nerven mit konzentrirter Essigsäure, so quellen dieselben stark und werden an deren Enden die Markscheiden mit den Achsencylindern in grösserer Länge herausgepresst. Da kann man dann leicht sehen, wie das Mark körnig wird und nach und nach vom Achsencylinder abfällt, ohne dass irgend eine Spur von Netzen zum Vorschein kommt. Wären dieselben vorgebildet, so müssten sie in diesem Falle sichtbar werden, da ja Essigsäure die Elemente der Netze kaum angreift. Ferner ist von Wichtigkeit, dass wie *Hesse* und *Pertik* zuerst gezeigt haben, und wie leicht zu bestätigen ist, aus frischen Nervenfasern ausgeflossenes Nervenmark bei Behandlung mit absolutem Alkohol dieselben Netze zeigt, wie die in ihrer Lage befindliche Markscheide, die in diesem Falle selbstverständlich nicht als Röhren erscheinen und nicht als vorgebildet angesehen werden können. — Hier ist nun auch der Ort, die chemische Natur der *Ewald-Kühne*'schen Netze zu besprechen.

Bekanntlich halten diese Autoren die Substanz derselben für Keratin, weil dieselbe in Trypsin unlöslich sei, eine Angabe, der neulich *Joseph* widerspricht, Meine eigenen Erfahrungen sprechen eher im Sinne von *Joseph*. Digerirt man durch Alkohol dargestellte Netze von Froschnervenfasern 24 Stunden lang in Trypsin bei 37° C., so ist das Netz noch zu erkennen, aber undeutlich. An frischen Froschnervenfasern, die man ebenso mit Trypsin behandelt, fliesst das Mark an den Enden und an den Seiten aus, zeigt aber kein Netz, während der Achsencylinder gelöst wird. Kaninchennerven mit Alkohol und dann 24 Stunden lang mit Pancreatin behandelt, zeigen weder Achsencylinder noch Kerne; *Henle*'sche Scheide unverändert; Gerüst in Körner und Stäbchen zerfallen, von denen manche der ersteren dunkelrandig sind, wie das Mark. *Schwann*'sche Scheide nicht mehr mit Sicherheit zu erkennen. Diesem zufolge möchten doch noch weitere Beweise abzuwarten sein, bevor das betreffende Gerüst mit dem Namen der Hornscheiden bezeichnet werden darf.

§ 119.

Die Achsenfaser oder der Achsencylinder, der *Neuraxôn (Cylinderaxis* von *Purkinje*, das Primitivband oder der Primitivschlauch von *Remak*) ist in den markhaltigen Nervenfasern des Menschen und der höheren Wirbelthiere bei genauer Nachforschung überall und sicher zu erkennen und zwar am allerleichtesten in den Centraltheilen, wo der Mangel der *Schwann*'schen Scheide und die Zartheit der Neuroglia dem Zerreissen der Nervenröhren wenig Hindernisse setzt und kann man dieselbe an den nahezu feinsten Elementen beim einfachen Zerzupfen in Wasser oder in dünnem Kochsalz frei legen und als eine drehrunde oder leicht abgeplattete blasse Faser darstellen. An unveränderten ganzen Nervenröhren lässt sich dagegen die Achsenfaser eben so wenig wie die *Schwann*'sche Scheide erkennen, da sie rings von dem Marke umflossen ist und das Licht ebenso bricht wie dieses. In Betreff des Durchmessers der *Neuraxonen* im Verhältniss zu demjenigen der Nervenfasern hatte man früher nicht ganz richtige Anschauungen und ist es das Verdienst von *Ranvier* zuerst darauf aufmerksam gemacht zu haben (Traité technique pg. 745), dass derselbe ungefähr dem hellen Binnenraume einer doppelt conturirten Nervenfaser entspricht und nach Behandlung mit Osmiumsäure ziemlich unverändert sich erhält. Ebenso treten auch nach dem Betupfen dünner lebender Hautnerven des Frosches mit einem Tropfen *Acidum aceticum glaciale s. concentratum* augenblicklich aus den Schnittenden viele Achsencylinder als blasse, helle, sehr breite Fasern heraus, und kann man auch an solchen Objekten von dem bedeutenden Durchmesser derselben sich vergewissern.

Sehr geeignet um die Grössenverhältnisse der Achsencylinder erkennen zu lassen, ist ferner auch Methylenblau. Dieser Stoff färbt in erster Linie die Achsencylinder in ihrer vollen Breite blassblau. Nach und nach und besonders nach dem Zusatz von pikrinsaurem Ammoniak beobachtet man dann dass die Achsencylinder je länger um so schmäler und dunkler werden und endlich nur noch die Hälfte oder noch weniger ihrer früheren Durchmesser darbieten. *Feist* hat dieses Verhalten nicht ganz richtig aufgefasst und zu seiner Lehre von dem Vorkommen einer peripheren Achsencylindersubstanz

und eines Centralfadens verwerthet. Was er mit dem ersten Namen bezeichnet, ist jedoch nichts anderes, als der nach dem Schrumpfen des Achsencylinders zwischen demselben und dem Mark auftretende helle Raum, dessen flüssiger Inhalt theils vom Neuroplasma des Achsencylinders abstammt, theils wohl auch von aussen eingedrungenes Fluidum ist.

Bezüglich auf den feinsten Bau des Achsencylinders, so kann jetzt wohl als ganz sicher angesehen werden,

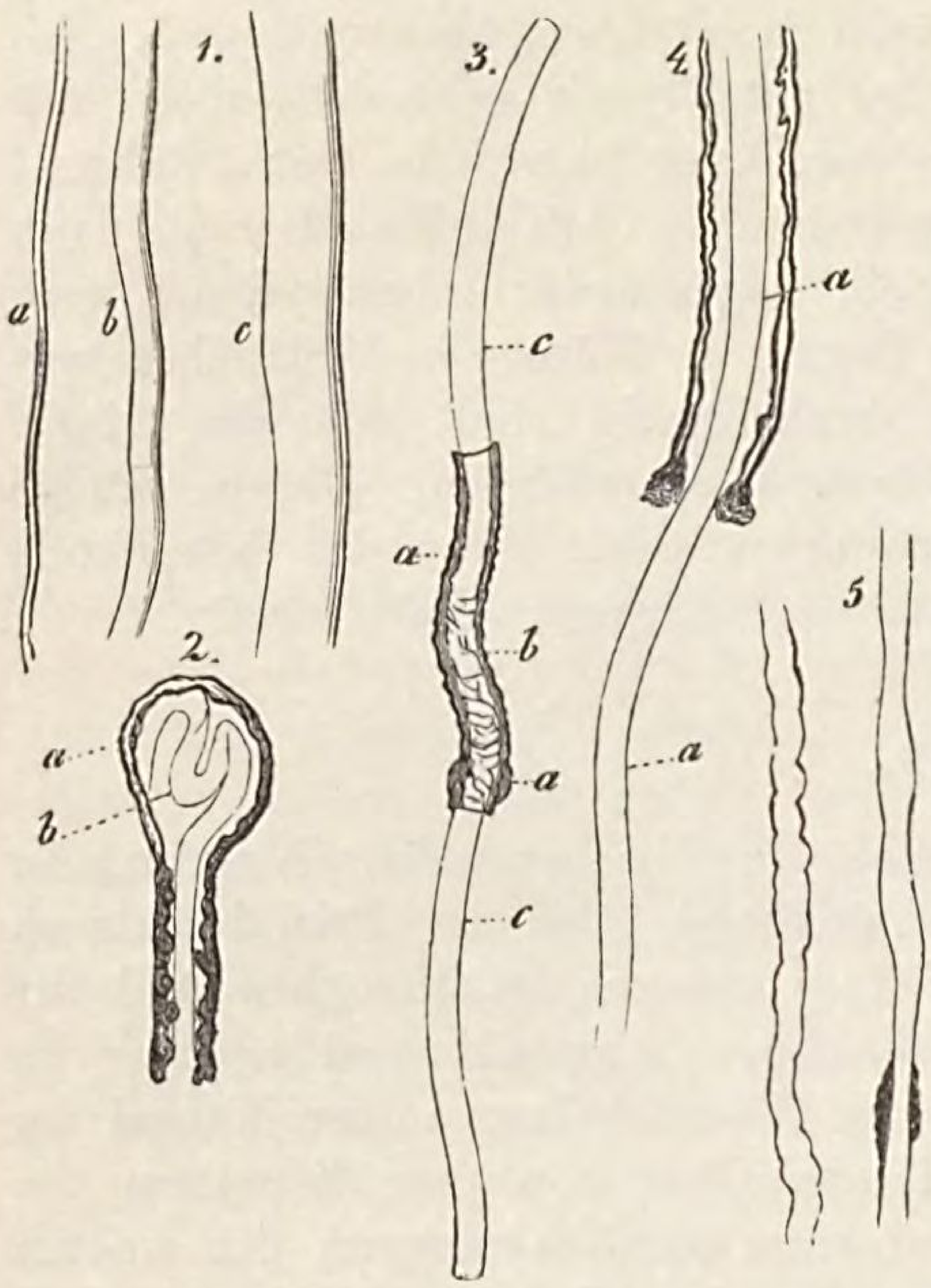


Fig. 339.

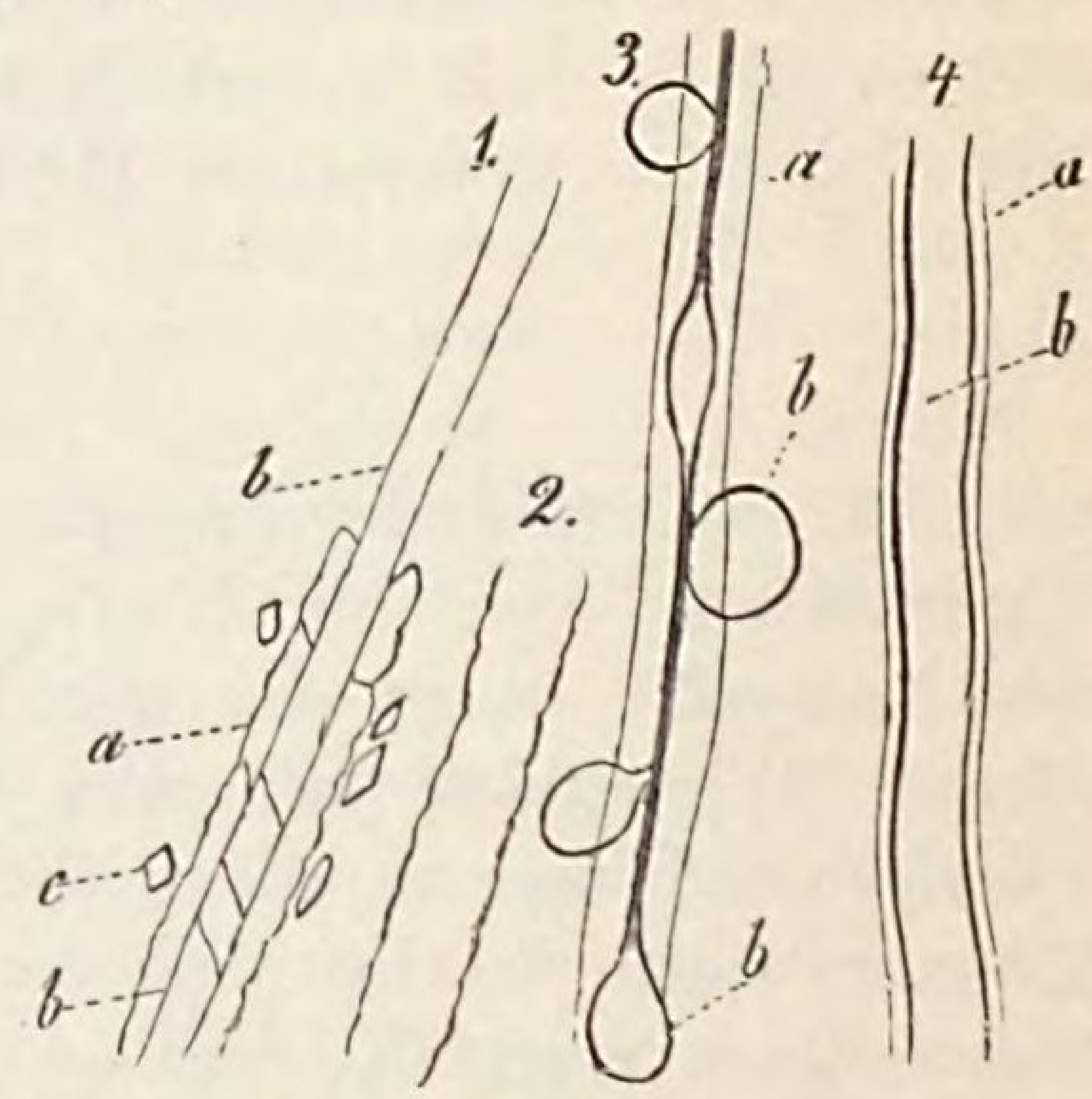


Fig. 340.

dass derselbe wesentlich aus feinsten Fäserchen, den Achsenfibrillen besteht, wie zuerst *M. Schultze* darlegte und dann besonders *Hans Schultze* (Arch. für Anat. 1878 S. 259 und Arch. für mikroskop. Anat. Bd. XVI, S. 57), *Engelmann* (Utrecht. Labor. Unters. V, S. 200) und *ich* selbst fester begründeten. Am besten erkennt man den feinsten Bau des Achsencylinders nach *v. Kupffer's*, *Boveri's* und *Jacobi's* Vorgang

Fig. 339. Nervenfasern bei 350maliger Vergrösserung. 1. Vom Hunde und Kaninchen im natürlichen Zustande, *a* feine, *b* mitteldicke, *c* grobe Faser aus peripherischen Nerven. 2. Vom Frosche mit Serumzusatz, *a* durch Druck herausgepresster Tropfen, *b* Achsencylinder in demselben in die Röhre sich fortsetzend. 3. Vom Rückenmark des Menschen frisch mit Serum, *a b* Markscheide doppelrandig, *c* Achsencylinder. 4. Doppelrandige Faser des *Ventriculus IV.* des Menschen; der Achsencylinder *a* hervorstehend und in der Faser sichtbar. 5. Zwei isolirte Achsencylinder aus dem Mark, der eine mit wellenförmigen Begrenzungen, der andere mit leichten Anschwellungen und etwas anhängendem Marke.

Fig. 340. Nervenfasern, 350mal vergr. 1. Vom Frosche mit Alkohol und Essigsäure gekocht. *a* Scheide, *b* Achsencylinder, *c* Krystalle (Fett?). 2. Für sich dargestellte Scheide eines mit Natron gekochten Froschnerven. 3. Vom Boden des *Ventriculus IV.* des Menschen nach Behandlung mit Natron, *a* Scheide (?), *b* Mark in Tropfen ausfliessend, der Achsencylinder fehlt (ist durch das Präpariren ausgezogen) und der innere Streifen ist Mark. 4. Von der Wurzel des *Abducens* des Menschen mit Natron, *a* Scheide, *b* Mark. Achsencylinder nicht sichtbar.

an Längs- und Querschnitten von Nerven, die in dünner Osmiumsäure von $^1/_2$ % gehärtet und mit Säurefuchsin *(Kupffer)* oder *(Jacobi)* mit Methylenblau,



Fig. 341.

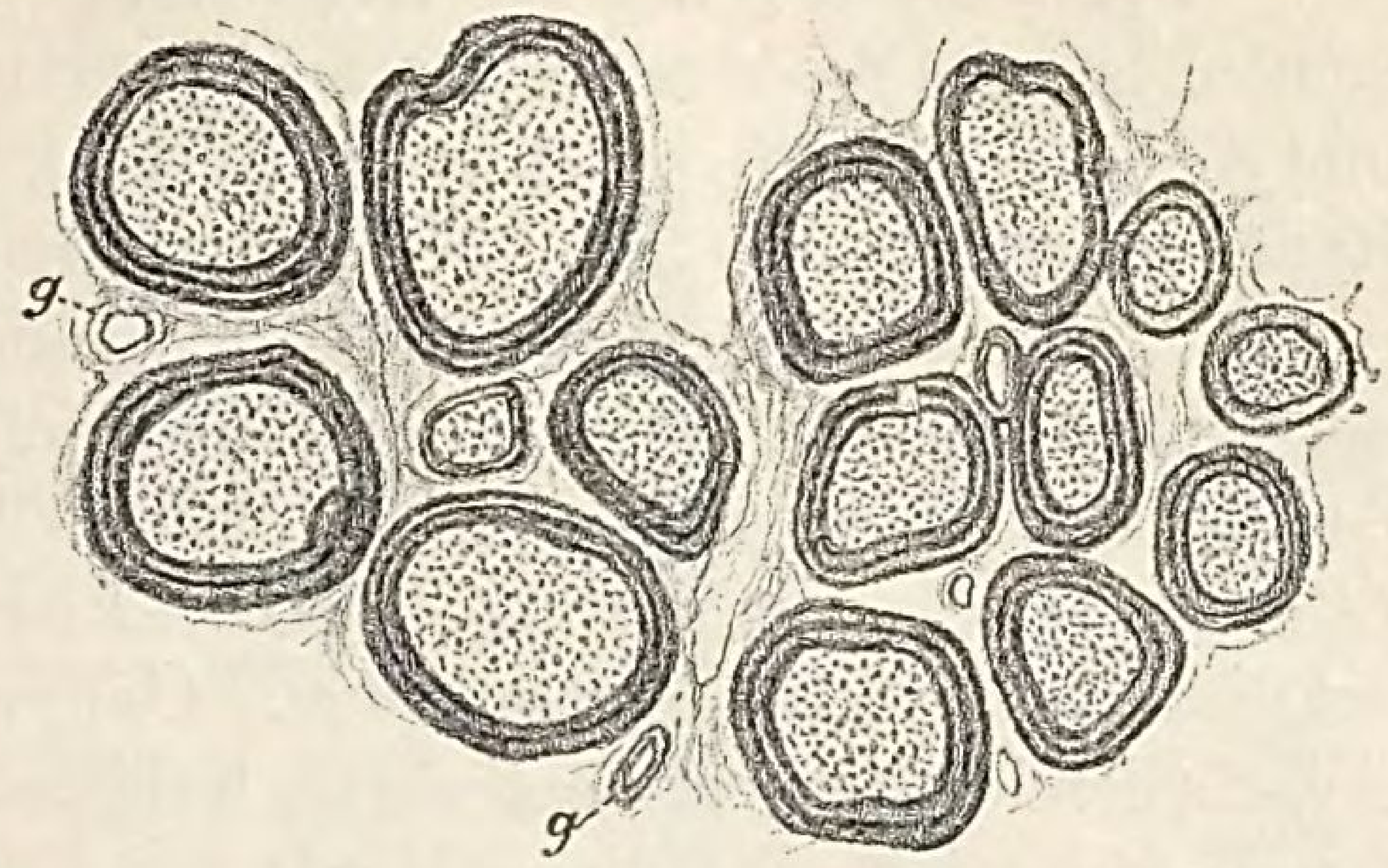


Fig. 342.

Vesuvin, Bismarckbraun oder saurem *Ehrlich*'schem Hämatoxylin gefärbt waren. Mit Bismarckbraun gefärbte Nerven (Fig. 342) zeigen innerhalb der schmalen, dunklen, zum Theil wie geschichtet erscheinenden Markscheide einen gelbbraunen Inhalt, der aus zahlreichen, in gleichen Abständen stehenden dunklen, braunen Pünktchen, den Querschnitten der Achsenfibrillen, und einer nur sehr schwach gefärbten Zwischensubstanz, besteht. Ich selbst fand ausser an solchen Nerven die Fibrillen am schönsten an mit Silber behandelten Nerven, nach der Einwirkung von Eisessig (Fig. 343). An solchen Nerven treten, während dieselben kurz und breit werden, die Achsencylinder augenblicklich ganz rein von Mark in ungemeiner Länge (bis zu 1—1,4 mm) hervor, quellen aber zugleich stark auf bis zu 11 und 12 μ und werden an den durch Silber nicht gefärbten Stellen sehr blass. An denselben sieht man in der Regel, trotz ihrer Blässe, eine sehr dichte, feine Streifung und an den scheinbaren Querschnitten vieler stark gebogener Fasern eine ungemein dichte und feine Punktirung in der Art, dass die Pünktchen und deren Zwischenräume ungefähr dieselbe Grösse haben oder letztere um ein Unbedeutendes grösser sind.

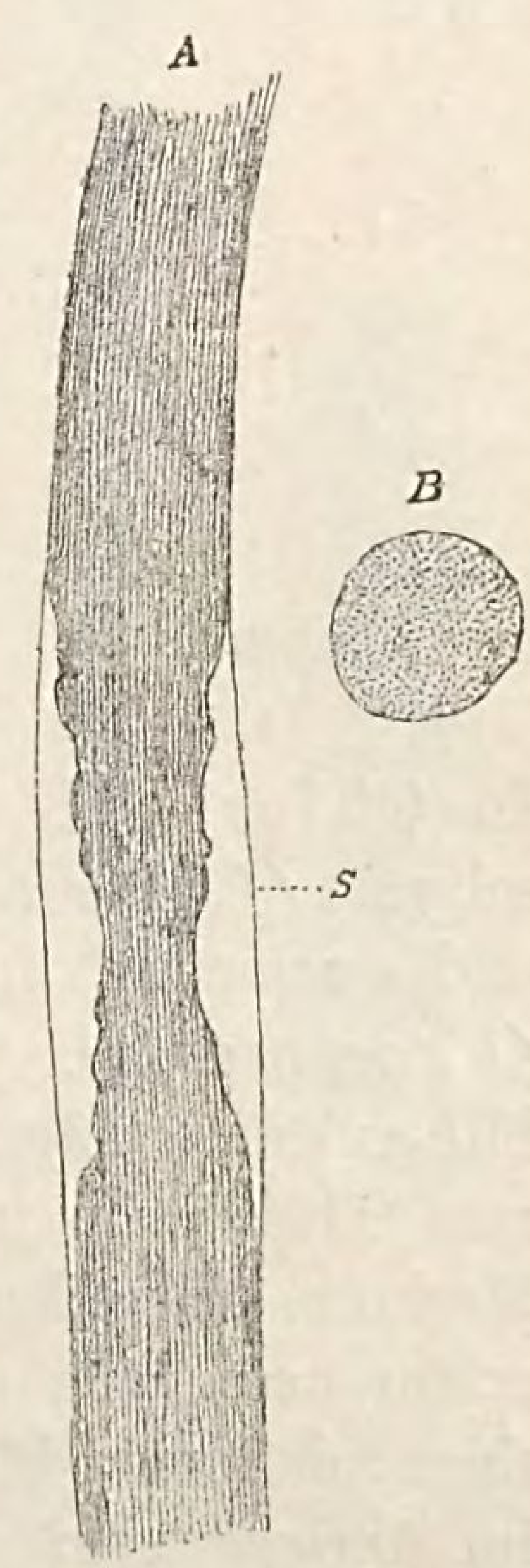


Fig. 343.

Ausser an solchen Nerven sah ich die Längsstreifung der Achsencylinder beim Frosche und beim Kaninchen auch an mit dünnem Alkohol behandelten Objekten sehr gut, ferner nach

Fig. 341. Einige starke und zwei feine Nervenfasern aus dem menschlichen Rückenmark mit geschrumpften Achsencylindern und blätterigen Bildungen in dem seines Myelins beraubten Markes. In einer Faser der Achsencylinder ausgefallen. Behandlung mit Alkohol und Karmin. Starke Vergr.

Fig. 342. Querschnitt einiger Nervenfasern aus dem *Ischiadicus* des Frosches mit Osmiumsäure von $^1/_2$ % und Bismarckbraun behandelt, *g* Gefäss. Syst. F. Ok. 2, lang. Tubus eines *Zeis*.

Fig. 343. Achsencylinder einer Froschnervenfaser mit Eisessig behandelt. *A* Längsansicht mit feiner Streifung, *s* Hülle (?) des Achsencylinders. *B* Scheinbarer Querschnitt von einer Umbeugungsstelle mit den Achsenfibrillen. St. Vergr.

Einwirkung von konzentrirter Essigsäure richtig bestimmt, endlich auch an frischen Nervenfasern in schwachen Andeutungen.

Die meisten sonst zur Darstellung der Achsencylinder angewendeten Reagentien bringen dieselben mehr weniger zum Schrumpfen, so vor allem Alkohol und Aether und Chromsäure (Fig. 341), so dass dieselben oft nur einen kleinen Raum innerhalb der mehr weniger veränderten Markscheide einnehmen. Nicht selten werden dieselben hierbei auch zackig und erscheinen im Querschnitte wie mit kurzen Spitzen besetzt oder sternförmig (Fig. 344). Ferner stellen sich die Achsenfasern vorzüglich schön dar durch Chromsäure *(Hannover)*, Sublimat *(Purkyňe, Czermak)* und Gallussäure, vorzüglich nach längerem Verweilen der Nerven in diesen Flüssigkeiten. *Czermak* hat im Acusticus des Störes aus sich theilenden Nervenfasern durch Sublimat auch gabelförmig gespaltene Achsenfasern dargestellt, dasselbe sah später *Axel Key* und *Retzius* (Taf. X, Fig. 16, 17, 18) beim Hechte und *ich* selbst an mit Methylenblau behandelten Muskelnerven des Frosches (Fig. 346). Auch Jod, Jod mit Jodwasserstoffsäure *(Lehmann)* wirkt gut, ebenso Chloroform *(Pflüger)*. Salzsäure, Schwefelsäure und rauchende Salpetersäure bringen den Achsencylinder ebenfalls in gewissen Fällen zum Vorschein *(Lehmann)*. Karmin färbt nur die Achsencylinder *(Stilling, Lister, Turner)*, lässt dagegen die Markscheide unberührt, wogegen Chromsäure den ersteren nicht verändert, dagegen das Mark dunkelbraun und ringförmig gestreift macht *(Lister* u. *Turner)*. Die *Schwann*sche Scheide färbt sich in Karmin roth *(Mauthner)*.

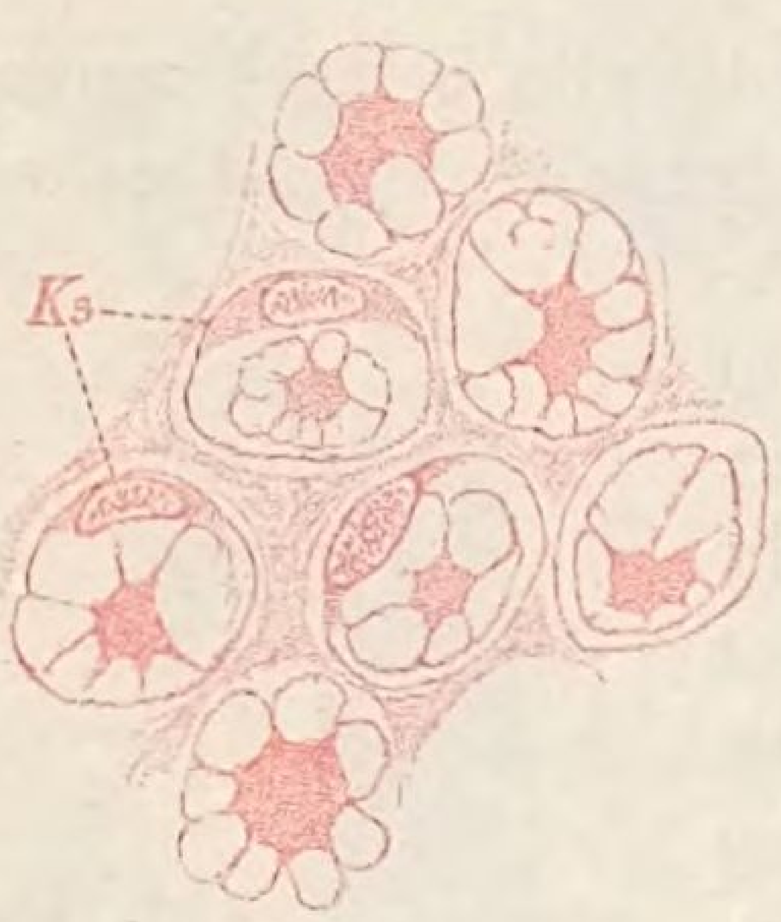


Fig. 344.

In Chlorgold werden die Achsencylinder und das Mark dunkelviolett bis schwarz *(Cohnheim, ich)*. Höllenstein färbt den Achsencylinder schwärzlich und erzeugt an ihm mehr weniger deutliche, meist körnige dunkle Querstreifen *(Frommann)*. Diese sogenannten *Frommann*'schen Linien rühren von Silberniederschlägen her, die zum Theil im Achsencylinder drin ihren Sitz haben, zum Theil auch in einem Gerinnsel, das zwischen dem Achsencylinder und dem Marke in einem Raume auftritt, den *Schiefferdecker* als periaxialen Spaltraum bezeichnet und, für einmal ohne bestimmte Beweise, als normal und mit einer minimalen Menge von Lymphe oder Ernährungsflüssigkeit erfüllt, betrachtet. Im übrigen sind die *Frommann*'schen Linien in ihrer Anordnung und Menge sehr wechselnd (Fig. 345) und treten an ganzen Nervenfasern zuerst in der Gegend der *Ranvier*'schen Einschnürungen auf.

In der Gegend dieser Einschnürungen bildet sich durch Höllenstein nicht selten am Achsencylinder eine scheinbare Verdickung, das „*Renflement biconique*“ von *Ranvier* (Fig. 345 *1*), dessen breiter Theil wie eine quer durch die Einschnürung verlaufende Scheibe sich darstellt und für eine der *Schwann*'schen

Fig. 344. Einige Nervenfasern des *Ischiadicus* des Frosches im Querschnitte mit Alkohol und Karmin behandelt. Starke Vergr. *Ks* Kerne der *Schwann*'schen Scheide. Achsencylinder zackig. An der Stelle des Nervenmarks das *Kühne*'sche Gerüst, dessen Fasern stellenweise sehr regelmässig in Radien um den Achsencylinder angeordnet sind.

Scheide angehörende Bildung gehalten werden könnte. Da jedoch diese Verdickungen auch an durch Eisessig herausgetriebenen Achsencylindern sich vorfinden *(ich)* (Fig. 345, 3) so ist klar, dass diese Deutung nicht richtig ist, und ergiebt sich, dass die genannten Anhängsel von einer Substanz herrühren, die dem Achsencylinder unmittelbar auflagert, und möglicherweise bei den Vorgängen des Stoffwechsels, der, wie *Ranvier* mit Recht betont, in der Gegend der Einschnürungen besonders lebhaft ist, eine Rolle spielt. In neuester Zeit hat *Feist* gefunden, dass auch an mit Methylenblau behandelten Nerven den *Renflements biconiques* ähnliche Anschwellungen auftreten, was *ich* mit *Retzius* (Biol. Unt. I Taf. XIII) bestätigen kann. *Feist* sah übrigens solche Anschwellungen nur an Nervenfasern, deren Achsencylinder durch nachträgliche Behandlung mit Pikrokarmin roth gefärbt worden war, während ich dieselben auch an noch blauen Achsencylindern beobachtete, auf die allerdings pikrinsaures Ammoniak bereits eingewirkt hatte. An solchen Nervenfasern im Hautmuskel des Frosches (Fig. 346) liess sich auch die Beobachtung machen, dass die quere Scheibe der *Renflements biconiques* auch da nicht fehlte, wo eine Faser in 2, 3 oder 4 Aeste sich theilte, in welchem Falle dieselbe dann in 2—4 Strahlen auslief.

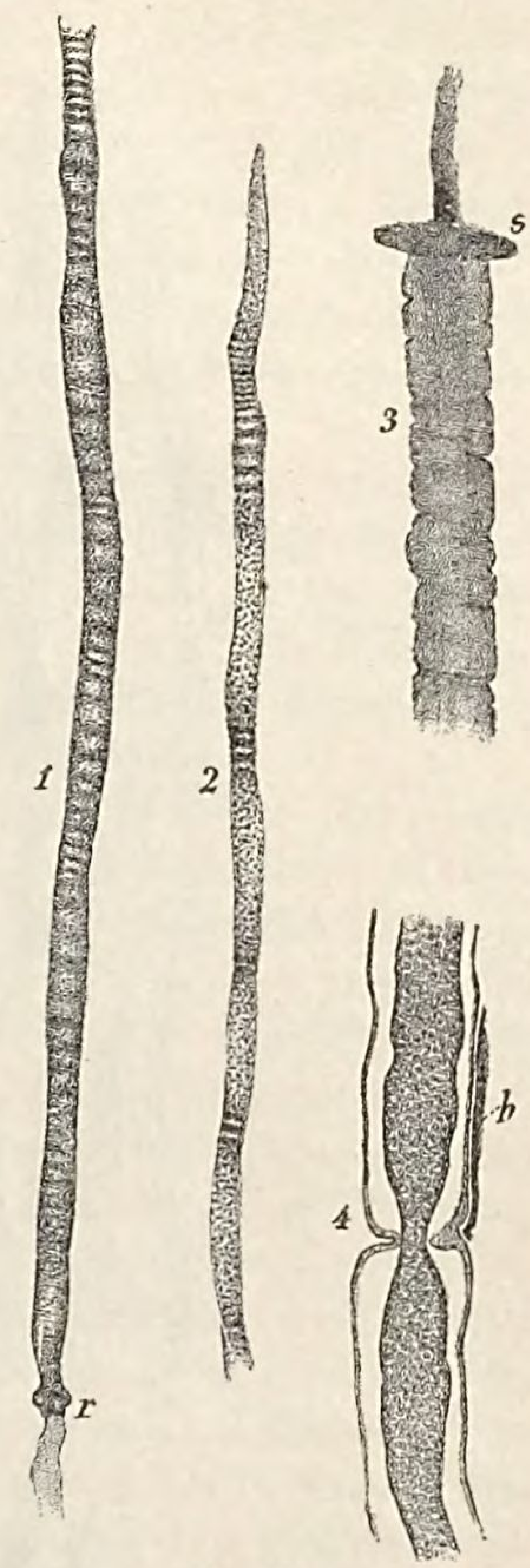


Fig. 345.

Die chemische Beschaffenheit anlangend, so quillt der Achsencylinder in konzentrirter Essigsäure auf, löst sich jedoch schwer und ist selbst nach mehrere Minuten fortgesetztem Kochen wenn auch blass, doch immer noch unverändert. Lange mit Essigsäure gekocht, löst sich derselbe gerade wie auch geronnenes Eiweiss, dagegen bleiben die Hüllen und etwas Nervenmark ungelöst. Alkalien (Kali, Natron, Ammoniak) greifen in der Kälte den Achsencylinder nur langsam an, doch wird derselbe in Natron augenblicklich sehr blass und quillt bis zu 9—11—13 μ auf. Längeres Verweilen in Natron löst denselben auf, und dasselbe geschieht beim Kochen schon nach dem ersten Aufwallen der

Fig. 345. Aus dem *Ischiadicus* des Frosches. *1* und *2* isolirte Achsencylinder mit *Frommann*'schen Linien aus mit Höllenstein behandelten Fasern, *1* mit einem *Renflement biconique* bei *r*, *2* mit weit abstehenden Gruppen von Querstreifen und körnigen Bildungen im Innern. *3*. Achsencylinder durch Eisessig aus einer mit Höllenstein behandelten Nervenfaser ausgetrieben, an dem einen Ende stark aufgequollen und an der Grenze des dünnen und dicken Theiles mit einer Querscheibe *s* versehen, *4*. mit Pankreatin und Pikrokarmin behandelte Nervenfaser; Scheide und Achsencylinder erhalten, Mark ganz zerstört. An der Einschnürung eine quere Linie, *h* Kern der *Henle*'schen Scheide. Starke Vergr.

Flüssigkeit. In rauchender Salpetersäure geht er nach Kurzem, in weniger als einer halben Minute, zu Grunde, gerade wie dies auch mit geronnenem Eiweisse der Fall ist. Mit Salpetersäure und Kali behandelt, wird der Achsencylinder gelb (Xanthoproteïnsäure) und ist spiralig zusammengezogen in den ebenfalls

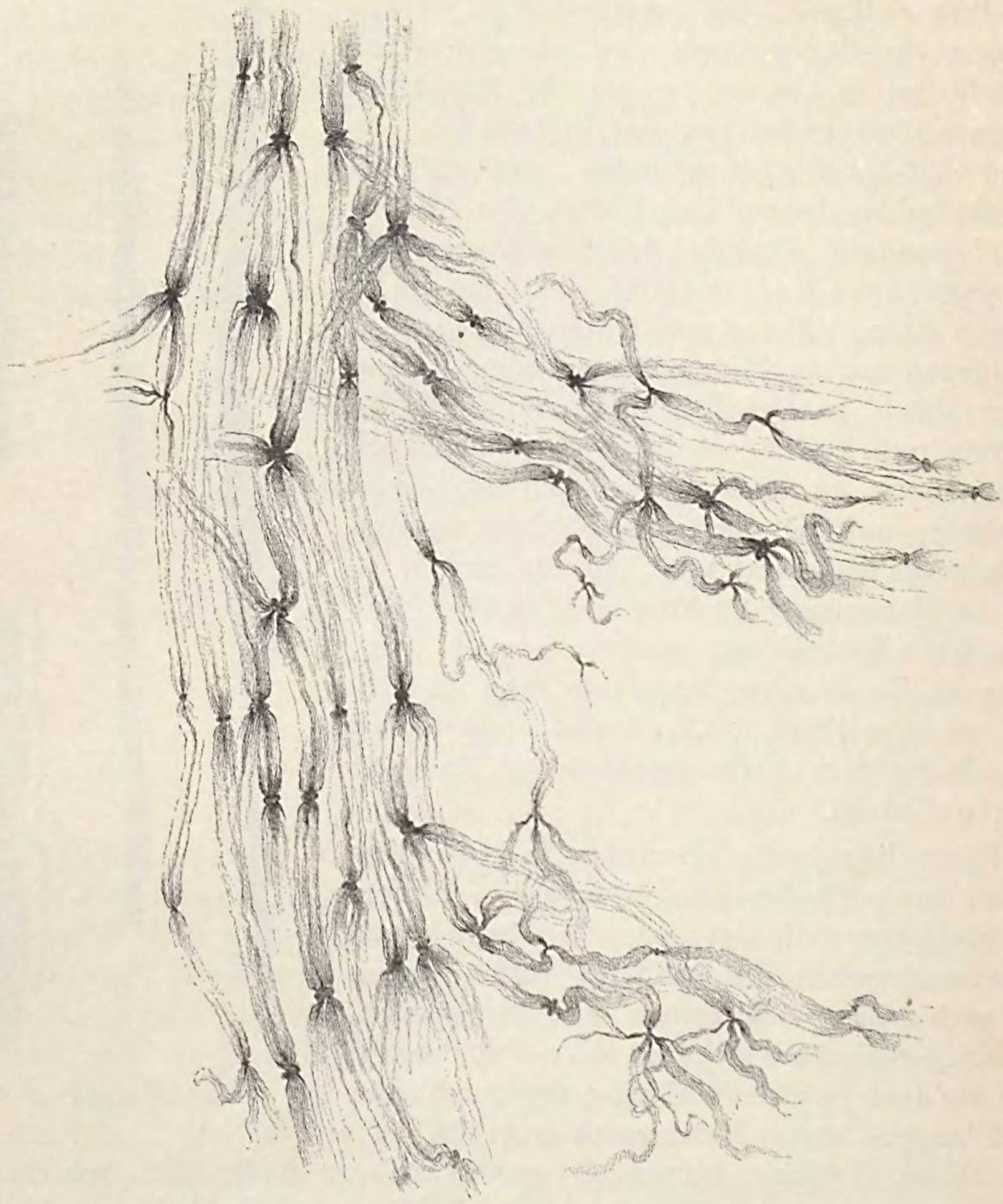


Fig. 346.

jedoch minder verkürzten Nervenröhren zu sehen. Dagegen wird er durch Zucker und konzentrirte Schwefelsäure, welche geronnenes Eiweiss roth färben, nicht verändert oder nimmt höchstens einen gelblichen oder schwach röthlichen Schein an. In Wasser verändert sich der Achsencylinder nicht, auch nicht beim Kochen,

Fig. 346. Einige Nervenstämmchen aus dem Brusthautmuskel eines mit Methylenblau injizirten Frosches mit dunklen Färbungen der Achsencylinder, z. Th. auch des Markes, dunklen Querscheiben und *Renflements biconiques* an einfachen *Ranvier*'schen Einschnürungen und an Zwei-, Drei-, Vier- und Fünftheilungen der Fasern. Nervensegmente sehr kurz. Starke Vergr.

in welchem Falle er leicht sich einzeln darstellt und etwas geschrumpft erscheint; durch Aether und Alkohol wird er selbst beim Kochen nicht gelöst, schrumpft jedoch mehr weniger zusammen. Das Letztere geschieht auch durch Sublimat, Chromsäure, Jod und kohlensaures Kali. Nehmen wir alle diese Reaktionen zusammen, so möchte sich wohl mit Bestimmtheit ergeben, dass der Achsencylinder eine geronnene Proteïnverbindung ist, die jedoch vom Faserstoffe sich unterscheidet, indem sie in kohlensaurem Kali und Salpeterwasser sich nicht löst und in Essigsäure und kaustischen Alkalien viel mehr Widerstand leistet. Mit dem Stoffe, welcher die Muskelfibrillen bildet, stimmt dieselbe dagegen durch ihre Elasticität und Unlöslichkeit in kohlensaurem Kali überein, unterscheidet sich jedoch von ihm durch ihre Unlöslichkeit in verdünnter Salzsäure und ihre Schwerlöslichkeit in Essigsäure *(ich, Lehmann)*.

Der Schluss, der aus diesen Thatsachen sich ziehen lässt, scheint mir einfach der, dass der Achsencylinder als Faser ein wesentlicher Bestandtheil der lebenden Nerven ist, und halte ich den Zustand, in welchem wir die Achsenfasern in menschlichen Nerven und Centralorganen bei Zusatz von Blutserum, Eiweiss, *Humor vitreus* zur Anschauung erhalten, für denjenigen, der die Verhältnisse, wie sie im Leben sich finden, am treuesten wiedergiebt.

Ich kann daher der Meinung derer nicht beistimmen, welche in neuester Zeit den Achsencylinder für ein mehr weniger flüssiges Gebilde erklären. Hierher gehören *Fleischl* und *Boll*, die von einem mit Flüssigkeit gefüllten Achsenraume der Nervenfasern sprechen und zum Theil auch *Kupffer*, dem seine Schüler *Maley* und *Boveri* sich anschlossen, der den Satz aufstellte: „Der Achsenraum enthält die Nervenfibrillen, die locker im Nervenserum flottiren. Ein irgend kompakter Achsencylinder ist ein Artefact“. Hierauf folgte *Leydig* (Zelle und Gewebe 1885) mit der Auffassung, dass bei den Wirbellosen die Nervenfasern aus einer netzförmig feinfaserigen Stützsubstanz, Spongioplasma, und einem strukturlosen Hyaloplasma bestehen, welches letztere die eigentliche leitende Nervensubstanz sei. Bei den Wirbelthieren scheint dieser Forscher den Bau des Achsencylinders und zum Theil des Nervenmarkes in ähnlicher Weise aufzufassen, doch sind die betreffenden Beschreibungen (l. c. § 82) so unbestimmt, dass ich nicht weiss, ob ich dieselbe richtig deute. An *Leydig* schliesst sich, wie bereits in Bd. I, S. 155 erwähnt wurde, *Nansen* an, dessen Röhrchen dem Spongioplasma von *Leydig* entsprechen und deren als flüssig geschilderter Inhalt dem Hyaloplasma.

Eine neue Auffassung des Achsencylinders wurde von mir im Jahre 1884 angebahnt, indem ich den Satz aufstellte, dass derselbe aus Fibrillen und einer Kittsubstanz bestehe (Zeitschr. f. w. Zool. Bd. 43, 1885), welcher Annahme auch *Jacobi* sich anschloss, indem er in Folge sorgfältiger Untersuchungen zu folgendem Ergebnisse gelangte: „Der Achsencylinder ist ein Gebilde von festweicher Konsistenz. Die Fibrillen desselben flottiren nicht in Serum, sondern sind durch eine homogene Zwischensubstanz verbunden, deren Festigkeit ungefähr derjenigen der Fibrillen entsprechen dürfte.“ Diese Zwischensubstanz, die ich später (Gewebelehre 6. Aufl. I) Neuroplasma und *Waldeyer* Axoplasma nannte, schilderte dann *Joseph* an mit Osmium und verschiedenen Farbstoffen behandelten Nervenfasern als ein zartes Netzwerk, welches mit einem ähnlichen gröberen Netzwerke des Markes verbunden sei, in dessen Maschen er

sich die Fibrillen liegend denkt, die jedoch an seinen Präparaten nicht sichtbar waren. Im vollen Gegensatze hierzu meldet endlich *Retzius* (Verh. d. biol. Vereins in Stockholm Bd. I 1889 No. 4), dass dieses Netz ein Kunstprodukt sei und nur aus den zusammengebackenen Fibrillen bestehe.

Ueberblicken wir die verschiedenen geschilderten Aufstellungen, so finden wir folgende Hauptansichten:

1. Die leitenden Nervenfaserelemente sind flüssig, die indifferenten netzförmig angeordnet *(Leydig, Nansen)*.
2. Die leitenden Bestandtheile sind Fibrillen. Die Zwischensubstanz ist:
 a) flüssig, *Kupffer, Boveri,*
 b) festweich und zwar
 1. homogen, *Kölliker, Jacobi, Retzius,*
 2. netzförmig, *Joseph.*

Nach den Messungen von *Jacobi* hat der Achsencylinder in Fasern von 10,6 μ den bedeutenden Durchmesser von 7,5 μ und in solchen von 4,6 μ nur 2,6 μ, während die Markscheide im ersteren Falle 1,5, im zweiten 1,0 μ dick ist. Hiermit stimmen die Zahlenangaben von *Maley* im Wesentlichen überein.

Ich füge nun noch folgende Einzelheiten bei.

Eine noch ungelöste Frage ist, wie die Fibrillen bei den Theilungen der Achsencylinder und bei der oben besprochenen Zunahme des Querschnittes derselben nach der Peripherie zu sich verhalten. Die einfachste Annahme ist offenbar die, dass die Fibrillen hierbei ebenfalls sich theilen, während sie in den Stämmen und Stämmchen einander parallel verlaufen. Andere Möglichkeiten wären die, dass die Fibrillen überall Netze bilden, oder dass im Verlaufe der Achsencylinder neue Fibrillen auftreten, die keine Verbindung mit der Nervenzelle besitzen, welche beide mir wenig wahrscheinlich vorkommen.

Das Verhalten der Achsencylinder an den lezten Endigungen betreffend, so kann man die Frage aufwerfen, ob die Nervenfasern in freie Achsenfibrillen auslaufen, oder ob alle Enden immer noch Bündel von solchen oder feinste Achsencylinder darstellen. Da solche Enden manchmal Varicositäten besitzen (s. meine Fig. 3 in Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 43 und viele neue Abbildungen von *Golgi, Ramón, mir, v. Gehuchten* und *Retzius* über Enden von Collateralen und Nervenfasern im Centrum und an den Endigungen in der Peripherie), so kann man dieselben auf geringe Mengen eines Neuroplasma beziehen *(Schiefferdecker)*; immerhin würde ein solches Vorkommen, selbst wenn es beständig wäre, die Annahme, dass viele Nervenfasern in einzelne Achsenfibrillen auslaufen, nicht unmöglich machen.

In hohem Grade zweifelhaft ist das Vorkommen einer Hülle oder festeren Grenzschicht *(Axolemma)* an den Achsencylindern, der Achsencylinderrinde von *Schiefferdecker*, und werden noch weitere Untersuchungen nöthig sein, bevor eine solche wird angenommen werden dürfen. (Siehe übrigens meine Fig. 343 *s*.)

Hier mag nun auch noch die Frage besprochen werden, ob zwischen dem Achsencylinder und dem Nervenmark eine besondere Lage vorhanden sei. Dass *Schiefferdecker* ohne bestimmte Beweise hier einen periaxialen Lymphraum an-

nimmt, wurde oben schon erwähnt. Lange vor demselben hat *Ranvier* die Hypothese ausgesprochen (s. auch oben S. 8), dass in dieser Gegend eine dünne Lage Protoplasma sich finde, die an den Einschnürungen mit einer ähnlichen Lage in Verbindung stehe, die zwischen der *Schwann*'schen Scheide und der äusseren Oberfläche des Markes sich finde und als der *Schwann*'schen Zelle angehörend zu betrachten sei, so dass somit das Nervenmark bei jedem Segment in geschlossenen Räumen enthalten sei, die als Binnenräume der Segmentzelle anzusehen wären. Noch weiter ging dann *Boveri*, der die *Schwann*'sche Membran selbst an den Einschnürungen auf den Achsencylinder übergehen lässt. Diese letzte Angabe ist jedoch sicher nicht begründet, denn abgesehen davon, dass *Jacobi* einen solchen Uebergang nicht zu bestätigen vermochte, betone ich vor allem, dass keines der Reagentien, welche die *Schwann*'sche Scheide so leicht für sich zur Anschauung bringen, von einer Verdoppelung derselben oder von Umschlagsstellen das Geringste erkennen lässt. Auch für die Annahme von *Ranvier* sprechen keine bestimmten Beobachtungen, denn wenn auch in der Nähe der Kerne der *Schwann*'schen Scheide, die ich als innerhalb, d. h. in der Substanz derselben liegend ansehe, sehr oft eine geringe Menge feinkörnigen Materiales sich vorfindet (s. bes. die Abbildungen von *Axel Key* und *Retzius*), so geht dasselbe doch niemals weiter und fehlt ausnahmslos in der Gegend der Einschnürungen.

Das eben bemerkte zeigt auch deutlich, wie wenig die Hypothese von *Ranvier*, dass jede *Schwann*'sche Zelle sammt dem im Bereiche derselben liegenden Nervenmark die Bedeutung einer Zelle habe und einer Fettzelle verglichen werden könne, für sich hat. Abgesehen von allem andern ist die genannte Hypothese schon aus dem Grunde unzutreffend, weil auch die Nervenfasern der Centralorgane, die keine *Schwann*'schen Scheiden besitzen, Nervenmark enthalten.

Diesem zufolge sind die Zellen der *Schwann*'schen Scheide einfach platte, das Nervenmark und den Achsencylinder umhüllende Mesoderm- oder Bindesubstanzzellen und besitzen jedenfalls keine direkte Beziehung zur Bildung des Nervenmarks. (S. unten bei der Entwicklung der Nervenfasern.) Eine andere Frage ist es, ob die Grenzen dieser Zellen, die offenbar zu je Einem Segmente in besonderen Beziehungen stehen, an den fertigen Nervenfasern zu erkennen sind. *Ranvier* hat die queren Linien, die unter gewissen Verhältnissen, namentlich nach Anwendung von Silber und Osmium in der Gegend der Einschnürungen auftreten (Fig. 345, 4), als Grenzen der einzelnen *Schwann*'schen Zellen aufgefasst, mir erscheint jedoch diese Angelegenheit noch nicht hinreichend geklärt zu sein. Einmal erzeugen schon die hier vorkommenden Einbiegungen der *Schwann*'schen Scheide bei gewissen Einstellungen eine Querlinie und dann kommen noch die oben schon erwähnten Auflagerungen auf den Achsencylinder dazu, um die Deutung zu trüben, so dass ich vorläufig diese Frage als eine nicht erledigte betrachte.

Den in Bd. I auf S. 154 und 155 gemachten Angaben zur vergleichenden Histologie der Nervenfasern füge ich noch folgendes bei:

Bei der *Garneele, Palaemon squilla* findet sich nach *Retzius* (Verh. d. biol. Ver. in Stockholm Bd. I 1888 No. 3 und Biol. Unters. N. Folge I 1890, S. 42 u. flgd. Taf. XIII) eine besondere Art markhaltiger, mit *Ranvier*'schen

Einschnürungen versehener Nervenfasern, die einer *Schwann*'schen Scheide entbehren, aber doch stellenweise Kerne zeigen, deren Gesammtanordnung ebenso war, wie bei den höheren Wirbelthieren. Die Myelinscheide, die mit den Kernen an den feinsten Enden der sensiblen und motorischen Fasern fehlt, zeigte oft Andeutungen einer schiefblätterigen Struktur, aber keine deutlichen *Lantermann*'schen Einschnürungen. Silber und Methylenblau bewirken an den Einschnürungen Färbungen des Achsencylinders, die an die *Renflements biconiques* von *Ranvier* erinnern. Auch bei grösseren Mysiden sah *Retzius* an den Riesenfasern des Bauchstranges Andeutungen von myelinhaltigen Fasern mit Einschnürungen, ebenso *Friedländer* an den Riesenfasern einer Annelide *(Mastobranchus)*.

B. Marklose Fasern.

§ 120.

Diese Nervenfasern finden sich in sehr verschiedener Ausprägung und ist es nicht leicht das Wesentliche derselben zu bezeichnen. Ueberblicken wir zuerst ihr Vorkommen, so ergiebt sich, dass dieselben sich finden:

1. Als einziger Bestandtheil der Nerven und zwar:
 a) in den *Fila olfactoria* aller Wirbelthiere,
 b) in allen Nerven der Cyclostomen und von Amphioxus,
 c) in den meisten Nerven der Wirbellosen;
2. als wichtiger und selbst wesentlicher Bestandtheil gewisser Nerven und zwar in vielen Aesten des *Sympathicus*, wie in den *Plexus carotici*, den *Rami intestinales, lienales, hepatici* u. a. m.;
3. in vielen Cerebro-Spinalnerven als untergeordnete Bildungen;
4. an den Enden aller markhaltigen Nerven und zwar:
 a) an den Enden der sensiblen und höheren Sinnesnerven, mit Ausnahme des *Olfactorius*, in der Peripherie,
 b) an den Endigungen der Nerven in den quergestreiften Muskeln,
 c) inwieweit marklose Fasern in den Centralorganen vorkommen als Collateralen markhaltiger Fasern oder als Enden solcher und als nervöse Fortsätze von *Golgi*'s Zellen des II. Typus, ist noch weiter zu untersuchen. Im Allgemeinen wird man wohl sagen dürfen, dass alle Fasern, die nach *Golgi*'s Methode nur bei jungen Thieren sich färben, bei erwachsenen Geschöpfen markhaltig sind und muss es somit als ganz zweifelhaft erscheinen, ob später noch solche Fasern in den Centralorganen vorkommen mit Ausnahme aller Protoplasmafortsätze und vieler Achsencylinderfortsätze an ihrem Ursprunge von den Zellen.

Handelt es sich nun darum, den wesentlichen Bau dieser marklosen Nervenfasern zu ermitteln, so erscheint es am zweckmässigsten, sich in erster Linie an die sub 4 aufgezählten Kategorien zu halten, weil hier solche Elemente unmittelbar aus markhaltigen Fasern hervorgehen und an dieselben sich anreihen. Als besonders geeignete Objekte für eine solche Prüfung erscheinen die elektrischen Nerven von *Torpedo*, die Muskelnerven der Wirbelthiere, die Endigungen gewöhnlicher sensibler Nerven in der Haut. In allen diesen Fällen ergiebt sich 1. dass der Achsencylinder der

markhaltigen Fasern ohne Aenderung seiner Beschaffenheit in die marklosen Elemente sich fortsetzt und 2. dass in vielen Fällen auch die *Schwann*'sche Scheide mit ihren Kernen auf dieselben übergeht. Selbstverständlich besitzen aber diese marklosen Elemente keine *Ranvier*'schen Einschnürungen, wenn auch jeder kernhaltige Abschnitt derselben einem Segment der gewöhnlichen Nervenfasern gleichgestellt werden muss.

Sehr belangreich wäre es nun zu wissen, ob auch der Achsencylinder der marklosen Fasern aus Achsenfibrillen besteht, wie diejenigen der markhaltigen Elemente. Es fehlen jedoch bei den meisten dieser Fasern genauere Untersuchungen und lässt sich vorläufig nur gestützt auf die Untersuchung der Achsencylinder der markhaltigen Elemente annehmen, dass dem so ist.

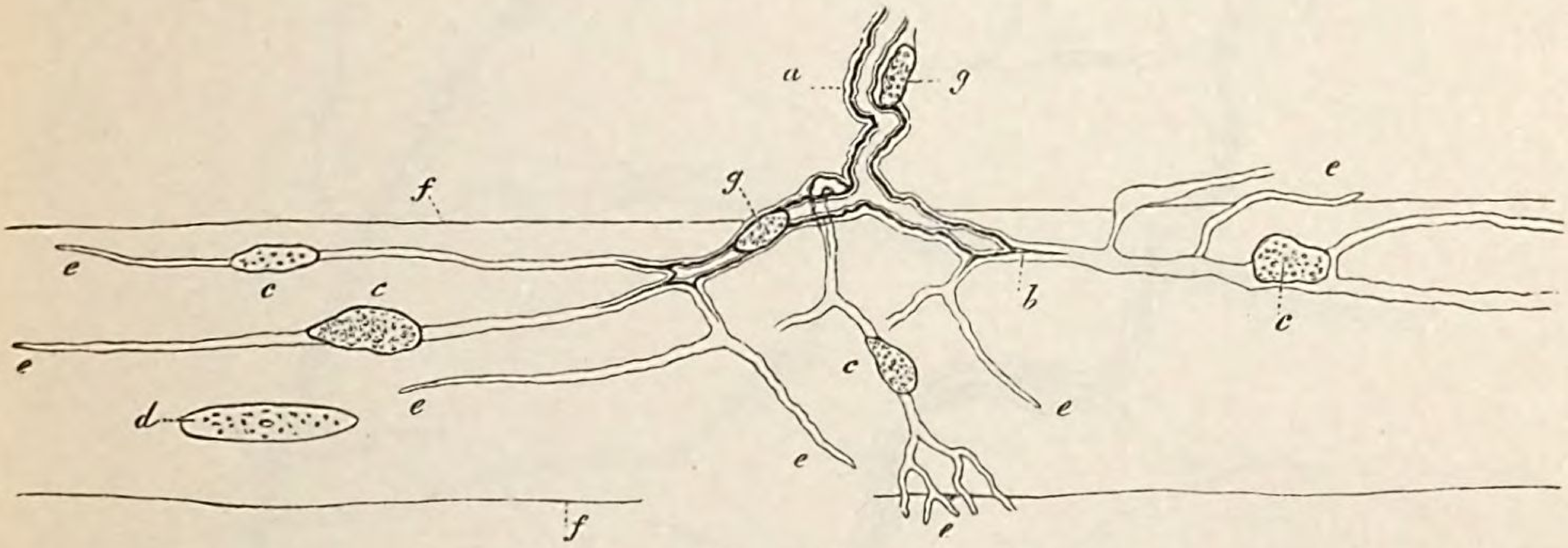


Fig. 347.

Ganz das nämliche, was die ebengenannten Endigungen von Nervenfasern zeigen, lässt sich auch an gewissen Ursprüngen markhaltiger Nervenfasern nachweisen, wie in den cerebrospinalen Ganglien; hier entwickelt sich aus der Ganglienzelle eine blasse marklose Faser, die in den Achsencylinder der markhaltigen Faser sich fortsetzt, während ihre mit der Scheide der Ganglienzelle zusammenhängende kernhaltige Hülle in die *Schwann*'sche Scheide der Nervenfaser übergeht. (Man vergleiche viele Figuren in dem grossen Werke von *Axel Key* und *Retzius* und *G. Retzius*, Arch. f. Anat. 1880 und im § 121.)

Ebenso wie bei diesen marklosen Nervenfasern mit Scheide eine Zurückführung auf die Elemente der markhaltigen Nervenfasern leicht ist, lässt sich an denselben Orten nicht unschwer nachweisen, dass diese Fasern schliesslich in marklose Elemente ohne Scheide, mit andern Worten in n a c k t e A c h s e n c y l i n d e r sich fortsetzen. Im elektrischen Organe verlieren sich, wie *Ranvier* zuerst nach-

Fig. 347. Endverästelung einer dunkelrandigen Röhre aus dem Hautmuskel der Brust des Frosches mit der Immersionslinse No. 10 von Hartnack und Ok. 1. *a* Scheide der Nervenröhre bei *b* auf die blassen Endfasern übergehend. *b* Fortsetzung des Nervenröhreninhaltes (vorzüglich des Achsencylinders) in die blassen Endfasern. *c* Kerne der blassen Endfasern. *d* Ein Kern der Muskelfaser *f f*, auf welcher die Verästelung der Endfasern aufliegt. *e e e e* Enden der blassen Endfasern. An den übrigen Stellen wurde ein deutliches Ende der Fasern nicht gesehen. *g* Kerne der dunkelrandigen Nervenröhre.

gewiesen hat, die sekundären oder *Henle'*schen Scheiden an bestimmten Stellen (Leçons s. l. syst. nerveux. Tom. II Pl. V Fig. 6). Die weiter verlaufenden blassen Verästelungen haben anfangs noch *Schwann'*sche Scheiden mit spärlichen Kernen, deren Endigungen nicht bestimmt zu erkennen sind, doch ist so viel sicher, dass ein bedeutender Theil der letzten Aestchen noch vor den Terminalverzweigungen, der keine Kerne mehr zeigt, aus nackten Achsencylindern besteht. Ebenso gehen viele Muskelnervenfasern und Hautnerven in kernlose feinste Endästchen aus, denen dieselbe Bedeutung von feinen Achsencylindern zukommt (Fig. 348, 349).

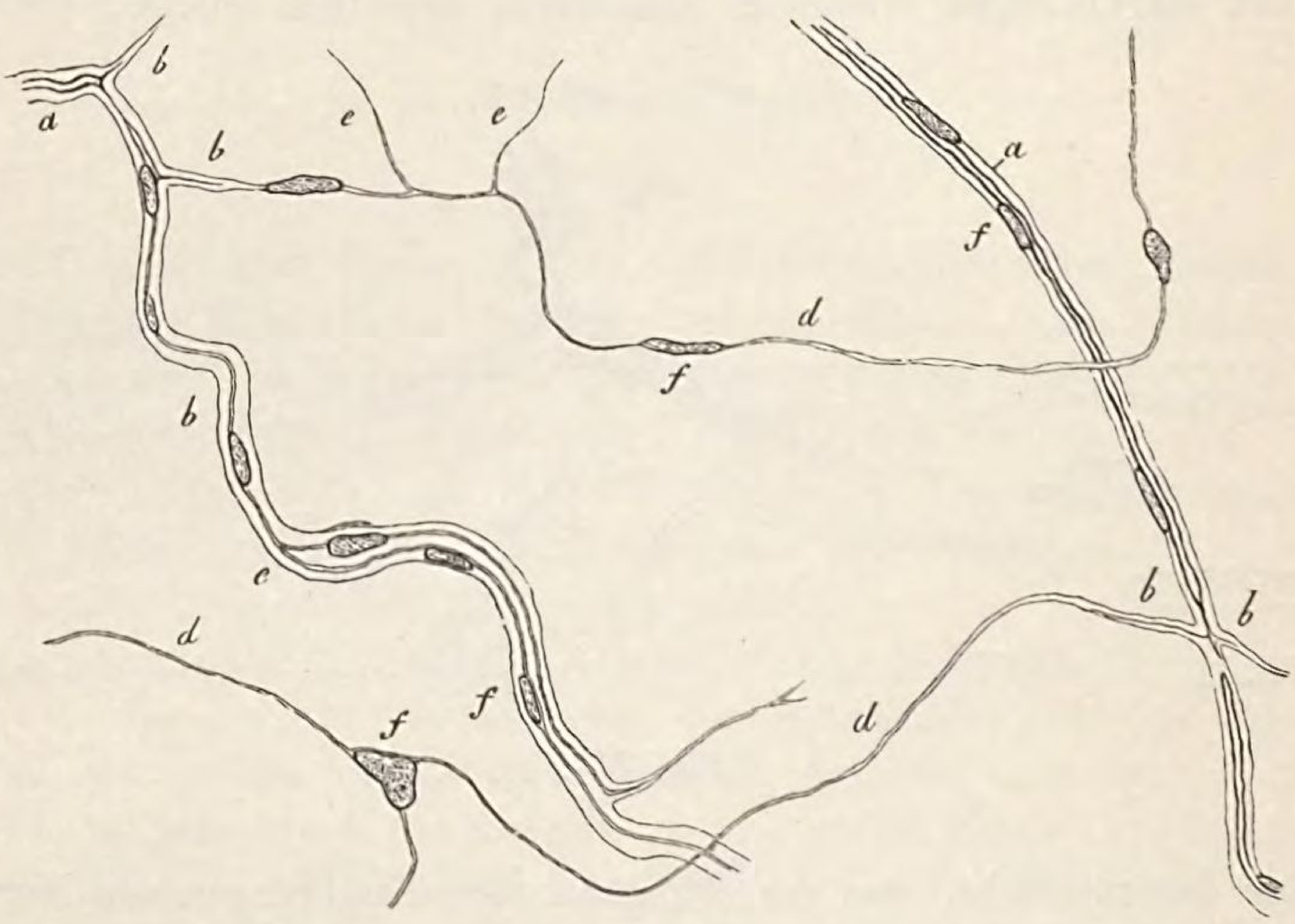


Fig. 348.

Prüfen wir nun, nachdem wir gefunden haben, dass an den bisher besprochenen Orten die marklosen Fasern aus Achsencylindern mit *Schwann'*scher Scheide oder aus Achsencylindern allein bestehen, wie dieselben an den anderen oben noch namhaft gemachten Stellen sich verhalten und wählen wir als verbreitetstes Element die marklosen Fasern des *Sympathicus* oder die *Remak'*schen Fasern.

Die *Remak'*schen Fasern, mit welchem Namen ich eine durch die Untersuchungen der letzten zwei Decennien genau bestimmte Faserart und nicht alle ursprünglich von *Remak* beschriebenen Elemente im *Sympathicus* im Auge habe, verfolgt man am besten in den Ganglien des Grenzstranges des Sympa-

Fig. 348. Ein Theil der Verästelung sensibler Fasern aus dem Hautmuskel der Brust des Frosches, Linse 7 Ok. 1 von Hartnack. *a a* dunkelrandige Fasern mit einer abstehenden zarten Scheide und Kernen *f* innerhalb derselben, *b b b* blasse Fasern, die theils die Fortsetzungen der dunkelrandigen Fasern sind, theils seitlich von denselben abgehen, die alle noch eine Scheide und einen blassen Inhalt (Achsencylinder) besitzen. Bei *c* theilt sich der Achsencylinder einer solchen Faser. *d d d* marklose Endfasern mit Kernen *f*, an denen keine Scheide mehr zu erkennen ist, und mit Theilungen *e*.

thicus und in den Milznerven der Wiederkäuer, welche lezteren vorwiegend und in vielen Aesten ausschliesslich aus solchen Gebilden bestehen. Dieselben ergeben sich als 3—4 μ starke, im Allgemeinen rundliche Fasern (Fig. 350), die einander parallel verlaufend, grössere oder kleinere sekundäre Bündel bilden, die in stärkeren Aesten nochmals zu grösseren Einheiten zusammentreten (Fig. 352, 353). Diese *Remak*'schen Fasern sind keine anatomischen Einheiten, sondern bestehen einfach aus Bündeln feiner Fasern, die ich schon seit Langem als nackte Achsencylinder oder marklose Nervenfasern ohne *Schwann*'sche Scheide deutete. (Gewebelehre 5. Aufl. 1867 S. 247, 330.) Die Zusammensetzung dieser Fasern aus Fibrillen wurde später von vielen

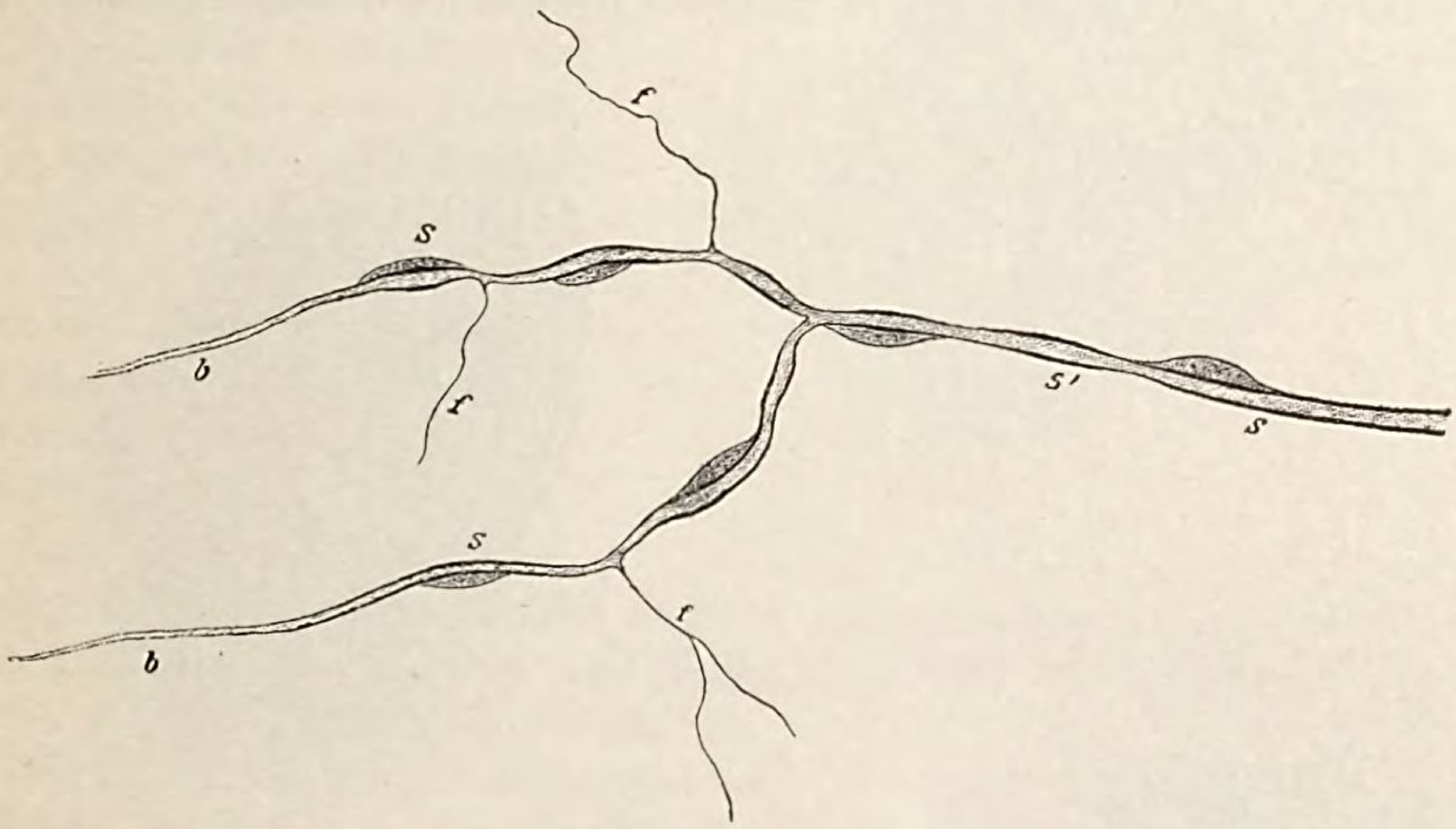


Fig. 349.

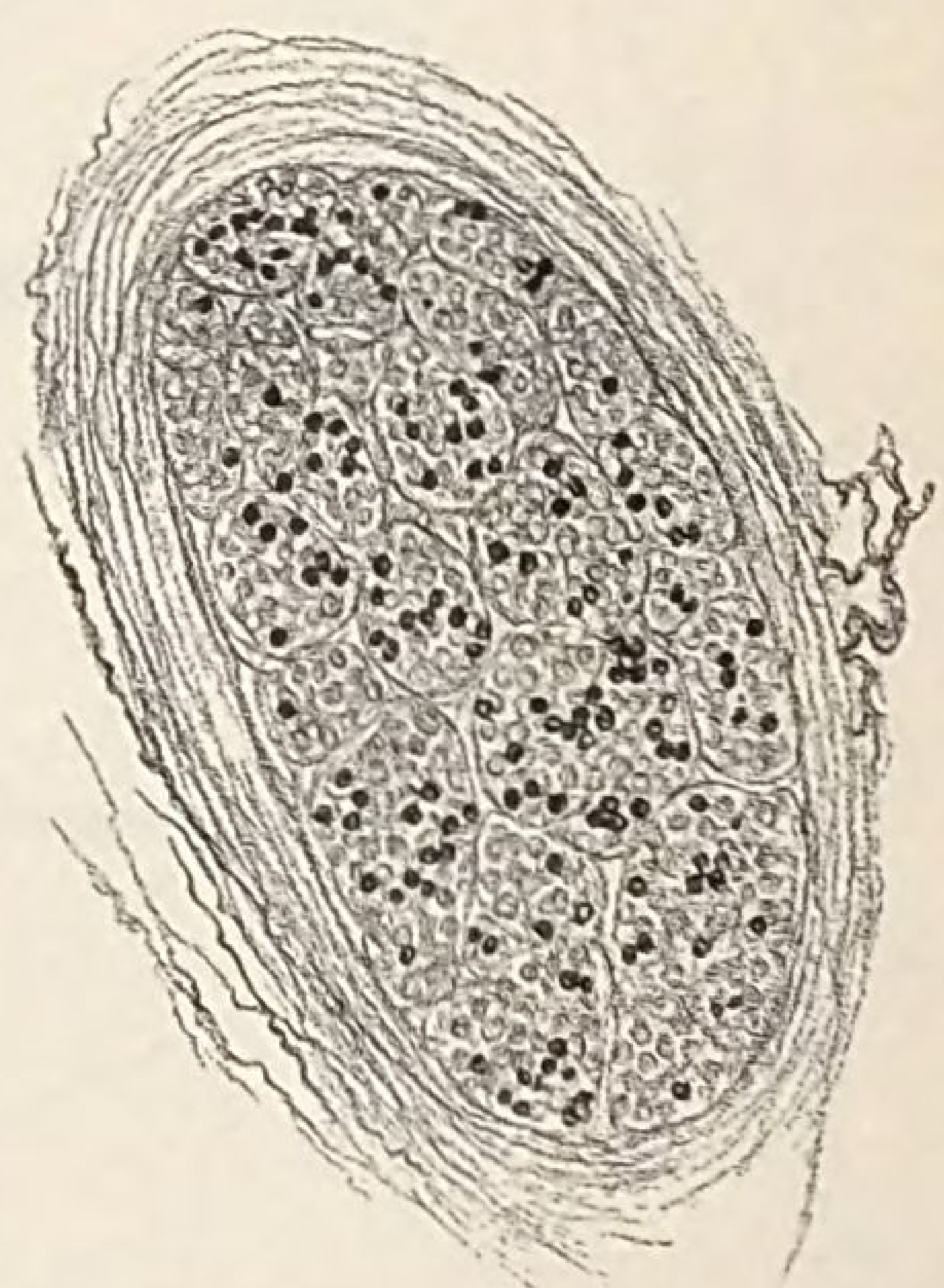
Autoren, wie *M. Schultze, Waldeyer, Ranvier, Axel Key* und *Retzius, Boveri, Schiefferdecker* angenommen, doch sprechen sich nur die letzten beiden Autoren über die Bedeutung der betreffenden Fibrillen aus. *Schiefferdecker* erklärt dieselben als Achsencylinder und die *Remak*'schen Fasern als Bündel solcher mit einer mehr weniger vollständigen *Schwann*'schen Scheide, wogegen *Boveri* in vollem Gegensatze hierzu jede Fibrille als einer ganzen Nervenfaser gleichwerthig erachtet.

Gehen wir nun vorerst näher auf den Bau und die sonstige Beschaffenheit der *Remak*'schen Fasern ein, so ist in erster Linie hervorzuheben, dass dieselben chemisch sehr wesentlich vom Bindegewebe sich unterscheiden, indem sie beim Kochen nicht durchsichtig und gallertig werden und sich nicht auflösen, sondern

Fig. 349. Eine Nervenfaser von *Rana*, in der die Markbildung bereits begonnen hat, und markhaltige und marklose Fasern *b* aneinanderstossen; *s'* Segmente mit Mark, die den Kern der *Schwann*'schen Scheide meist deutlich, doch nicht immer in der Mitte zeigen; *s* Segmente, deren Markscheide kaum länger ist als der Kern der *Schwann*'schen Zellen; *f* feinste blasse Endigungen (nackte Achsencylinder), die von den Einschnürungsstellen der anderen Fasern ausgehen.

gerade wie Muskelfasern und Bindesubstanzzellen trübe und undurchsichtig werden. Ebenso verhalten sie sich auch gegen sehr verdünnte Säuren ganz wie die zwei genannten Gewebstheile und mache ich besonders darauf aufmerksam, dass sehr verdünnte Essigsäure (4—8 gtt. auf 100 Ccm Ac. acet. concentr.) ein vorzügliches Mittel ist, um die Fibrillen der *Remak*'schen Fasern, die ich *Remak*'sche Fibrillen heissen will, für sich darzustellen und deutlich zu machen. In *Kali causticum concentratum* werden anfangs die *Remak*'schen Fibrillen als blasse Fasern von 1 μ Dicke deutlich, zerfallen dann aber bald in kürzere und längere stäbchenartige Bruchstücke und lösen sich schliesslich mit den Kernen auf, zu einer Zeit, wo das fibrilläre Bindegewebe der Umhüllungen der gröberen Bündel noch ganz unverändert ist. In dünnen Osmiumsäurelösungen von $^1/_{200}$—$^1/_{500}$, in dünner Chromosmiumessigsäure und Chrom-


Fig. 350.


Fig. 351.

säure lassen sich beim Zerzupfen die *Remak*'schen Fibrillen ebenfalls mit Leichtigkeit darstellen und ergeben sich in den Milznerven und im Grenzstrange des Sympathicus überall als feine, gleichbreite, in den Stämmen unverästelte Fäserchen von 1 μ mittlerem Durchmesser (Fig. 354). Nirgends war an denselben eine besondere Umhüllung zu erkennen und Behandlung mit Silber brachte auch keine dunklen Querlinien oder Kreuze hervor, und ergaben sich die *Remak*'schen Fibrillen entschieden als nicht segmentirt. Wendet man die *Golgi*'sche Methode auf *Remak*'sche Fasern an, so erhält man im Grenzstrange des *Sympathicus* und in den Halsganglien kleiner Säugethiere (Katze, Kaninchen) mit Leichtigkeit die *Remak*'schen Fibrillen als Bündel unverästelter Fäserchen schwarz gefärbt, dagegen gelingt es in den Milznerven des Ochsen nur schwer, eine solche Färbung zu erzielen. Kalbsmilzen ergaben ein besseres Resultat und

Fig. 350. *Remak*'sche Fasern, wie sie in einem Längsschnitte der Milznerven des Ochsen erscheinen. Mit Chromsäure und Karmin. Starke Vergr.

Fig. 351. Querschnitt eines kleinen Milznervenastes des Kalbes, der neben einer dicken Neurilemmhülle Andeutungen kleinerer Bündel und viele durch Silber schwarz gefärbte *Remak*'sche Fibrillen zeigt (*Golgi*), starke Vergr.

waren hier sowohl in vielen der stärkeren Nervenstämmen als auch und vor allem in den feineren und feinsten Verästelungen die *Remak*'schen Fibrillen zum Theil sehr vollkommen gefärbt (Fig. 351).

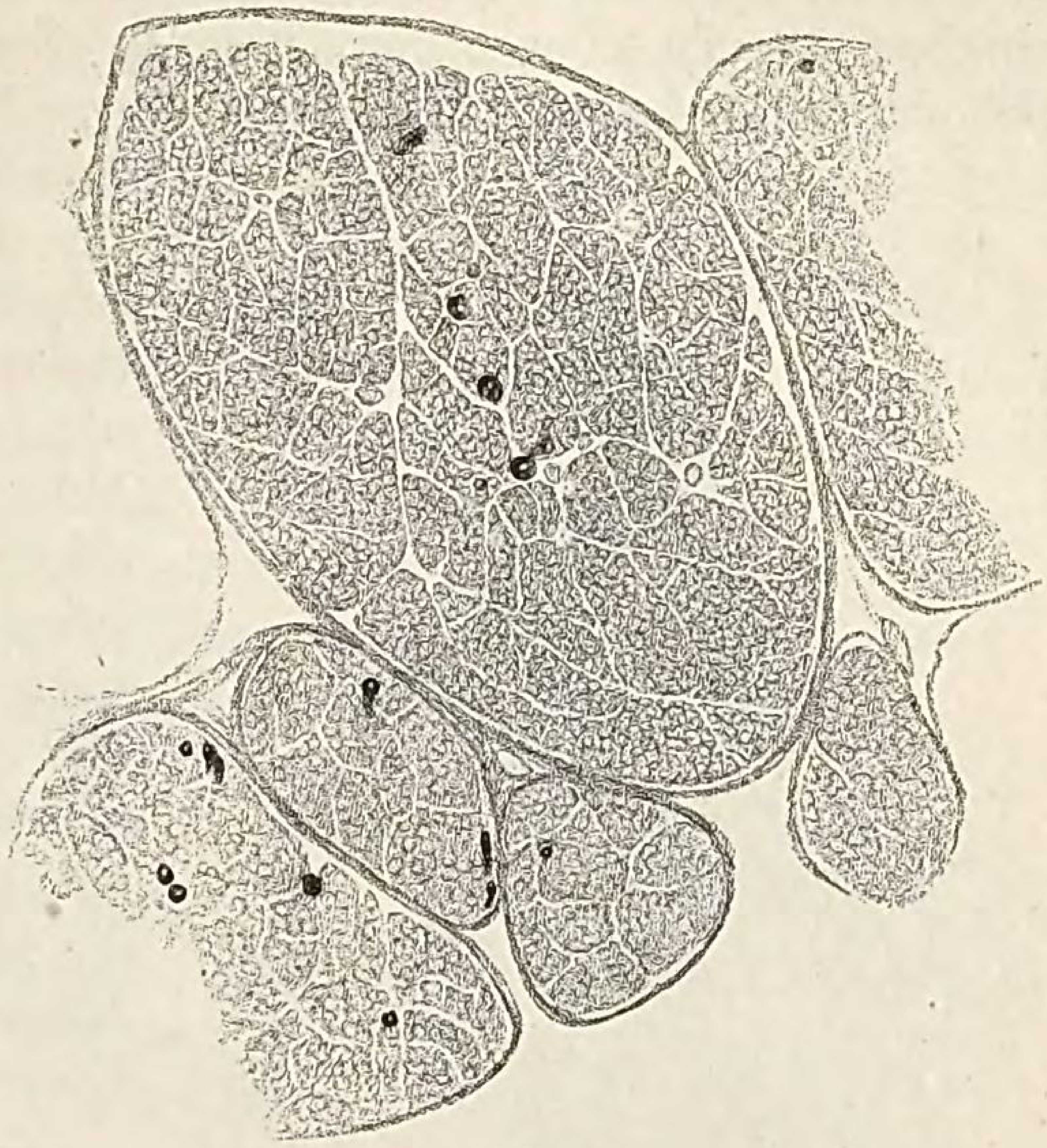


Fig. 352.

Noch bestimmter als Zerzupfungspräparate bringen Querschnitte *Remak*'scher Fasern, von welchen bis jetzt nur *Boveri* (Taf. II, Fig. XX) gute Abbildungen gegeben hat, die Achsencylinder derselben zum Vorschein (Fig. 353). An ganz untadeligen Schnitten erscheinen dieselben als feine, dunklere, die ganze Schnittfläche der Fasern gleichmässig einnehmende Pünktchen, neben denen nur sehr kleine Zwischenräume sich vorfinden. Behandelt man dagegen die Milznerven mit sehr dünnen Lösungen von *Müller*scher Flüssigkeit, von Chromsäure, von karminsaurem Ammoniak, so treten an Querschnitten an der Stelle der *Remak*'schen Fasern kleine Hohlräume auf, um welche herum die Querschnitte der Achsencylinder oft sehr zierlich ringförmig angeordnet sind (Fig. 355). Ich deute diese Bildungen als durch die zwischen die Fibrillen der *Remak*'schen Fasern eingedrungene Zusatzflüssigkeit erzeugt, wodurch ein wellenförmiger Verlauf der Fibrillen und wie Hohlräume zwischen denselben entstehen, wie Längsschnitte mit Leichtigkeit ergeben. Die betreffenden Räume hat seiner Zeit *Huth* (Götting. Nachr. 1885 No. 4) irrthümlich als Lymphräume gedeutet. Dieselben Hohlräume bildet auch *Ranvier* (Traité techn., Fig. 249) ab und erklärt dieselben für Vacuolen im Innern der *Remak*schen Fibrillen.

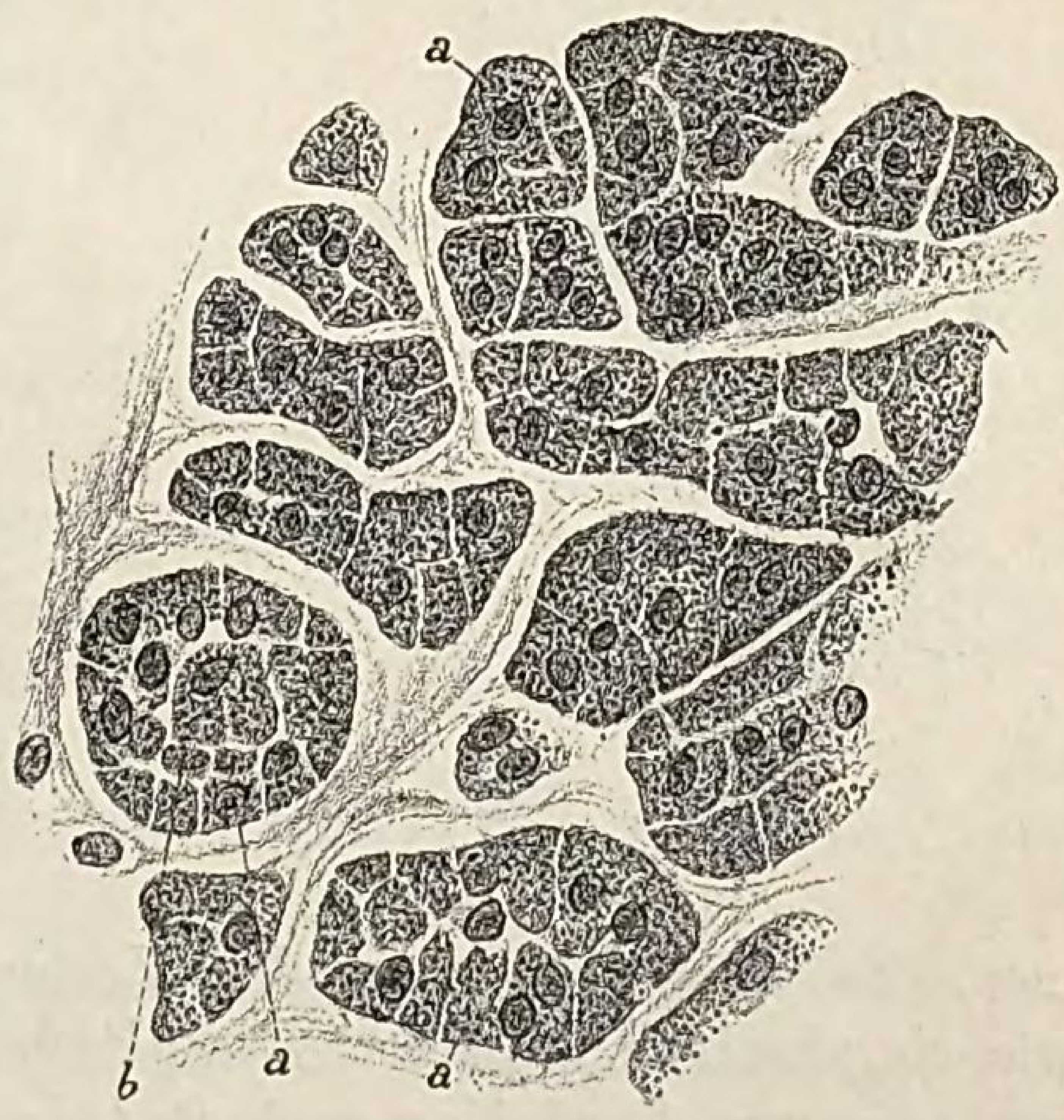


Fig. 353.

Sehr eigenthümlich gestalten sich die Bündel dieser „*Remak*'schen Fibrillen", oder die *Remak*'schen Fasern

Fig. 352. Einige Bündel der Milznerven des Ochsen mit Osmium. Ger. Vergr. Die dunkelrandigen Fasern schwarz. Die *Remak*'schen Fasern bilden sekundäre Bündel.

Fig. 353. Querschnitt durch einige sekundäre Bündel der Milznerven des Ochsen mit Osmium und Karmin, starke Vergr., *a* sekundäre Bündel, *b* *Remak*'sche Fasern mehrweniger gesondert mit den Kernen und Fibrillen.

durch das längst bekannte Vorkommen von zahlreichen Kernen von länglicher Gestalt und 0,012—0,020 mm Länge an der Aussenfläche derselben (Fig. 354). Dieselben gehören offenbar Bindesubstanzzellen an, doch geben alle Beobachter übereinstimmend an, dass zu diesen Kernen gehörende Zellen nicht sich darstellen lassen. Höchstens werden Protoplasmakörnchen an den Enden derselben erwähnt und (*Ranvier*) selten ein einseitig ansitzender spitzer Anhang. Ich kann mich diesen Darstellungen nur theilweise anschliessen, denn es ist mir nicht selten gelungen, beim Zerzupfen von Milznerven des Ochsen kurz zugespitzte spindelförmige Zellen mit den charakteristischen Kernen ganz isolirt oder noch theilweise den Fasern ansitzend zu gewinnen. Der Annahme, dass diese Elemente dem umhüllenden Bindegewebe angehören könnten, tritt die Thatsache in den Weg, dass die hier zahlreich vorkommenden zelligen Elemente alle mehr rundliche Kerne besitzen.

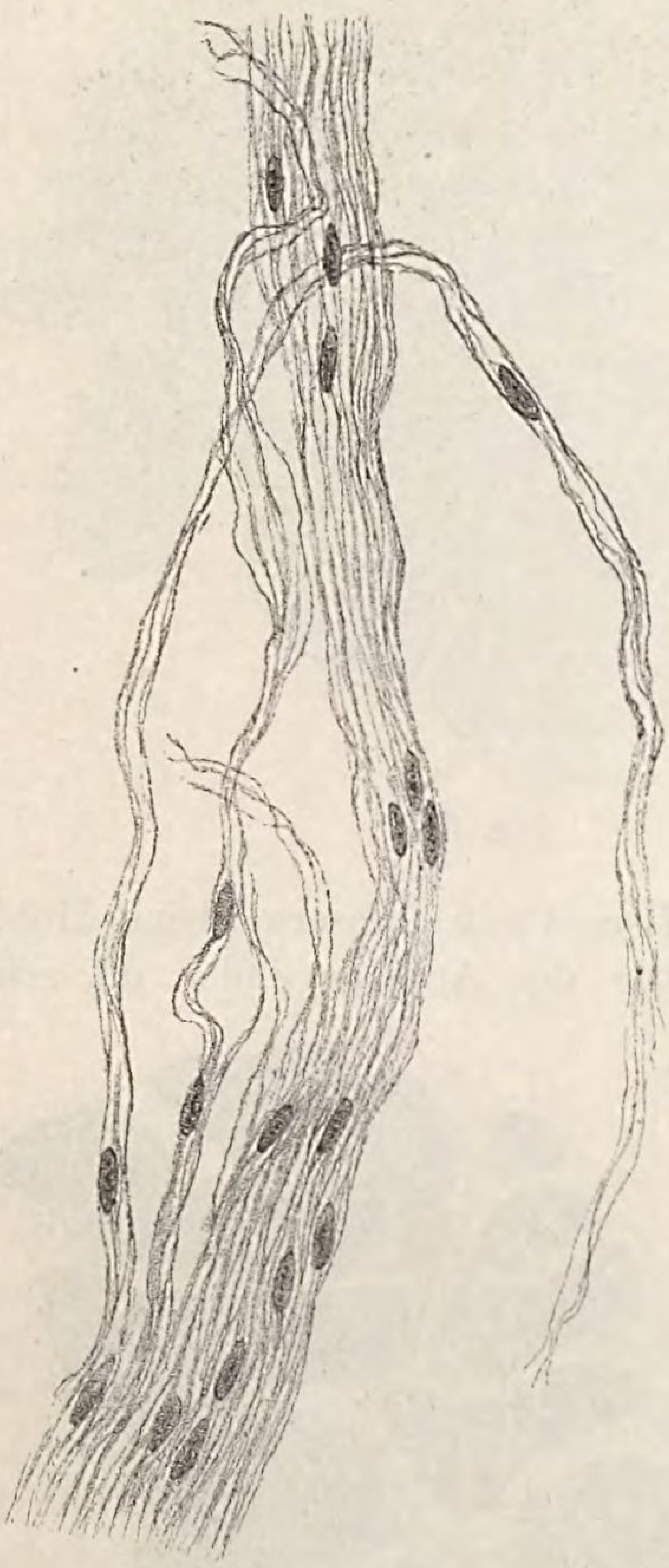


Fig 354.

Als Ergänzung füge ich noch bei, dass nach *Ranvier* die *Remak*'schen Fasern Netze mit langgezogenen spaltenförmigen Maschen bilden (Traité techn. Fig. 248). Nach meinen Erfahrungen möchte ich glauben, dass das von diesem Autor angewendete Mittel, um diese Netze nachzuweisen, nämlich das Zerzupfen, wenig beweiskräftig ist. An feinen Längsschnitten der Milznerven des Ochsen sieht man die *Remak*'schen Fasern und Fibrillen alle einander parallel verlaufen und kann daher als Regel bezeichnet werden, dass dieselben sich nicht untereinander verbinden. Dagegen halte auch ich es nicht für unmöglich, dass da und dort Theilungen von *Remak*'schen Fasern vorkommen, für welche Annahme das Vorkommen von undeutlich getrennten, z. Th. wie eingekerbten grösseren *Remak*'schen Fasern auf Querschnitten spricht (siehe auch die von *Axel Key* und *Retzius* abgebildete Theilung einer *Remak*'schen Faser des Hundes Taf. XXII, Fig. 6). Wenn aber auch solche Theilungen und Anastomosen häufiger vorkämen, so würden dieselben nicht mehr bedeuten als Theilungen von Nervenbündeln überhaupt und die Hauptbestandtheile

Fig. 354. *Remak*'sche Fasern aus den mit Osmium und Karmin behandelten Milznerven des Ochsen zerzupft zur Demonstration der *Remak*'schen Fibrillen derselben. Starke Vergr.

derselben, die *Remak*'schen Fibrillen, an denselben sicher keinen Antheil nehmen.

Fassen wir nun das Gesagte zusammen, so wären somit die *Remak*'schen Fasern Bündel von Fibrillen und frägt es sich nun, wie dieselben und die Fibrillen zu deuten sind. *Boveri* hat sich dahin ausgesprochen, dass jede Fibrille einer ganzen Nervenfaser entspreche und aus einer Scheide und einem Achsencylinder bestehe, doch ist es ihm nicht gelungen, den Nachweis des Vorkommens einer *Schwann*'schen Scheide zu liefern. Viel eher wäre er, wie mir scheint, auf Grund seiner Untersuchungen berechtigt, den *Remak*'schen Fibrillen eine dünne Markscheide zuzuschreiben, denn er giebt an, dass dieselben 1. in Osmium einen deutlichen graugelben Ton erlangen, 2. bei Färbungen nach *Weigert*'s Methode einen blauen Ton annehmen, 3. Neurokeratin enthalten und 4. durch Säurefuchsin im Centrum einen rothen Punkt (Achsencylinder) zeigen.



Fig. 355.

Abweichend von *Boveri* habe ich schon seit langem die *Remak*'schen Fibrillen als Achsencylinder bezeichnet, welcher Auffassung in neuester Zeit *Schiefferdecker* mit Bestimmtheit sich angeschlossen hat. Die *Remak*schen Fasern wären bei dieser Auffassung kleinen Nervenbündeln zu vergleichen und die Zellenkerne, welche dieselben begleiten, einer wenig entwickelten unvollständigen *Henle*schen Scheide. Gehen wir, um in dieser Angelegenheit noch klarer zu sehen, auf die Beziehungen der *Remak*'schen Fibrillen zu den sympathischen Nervenzellen ein, so ergiebt sich, dass diese Zellen Fortsätze abgeben, von denen Einer sicher als nervöser Fortsatz in eine marklose Nervenfaser übergeht. Diese Beobachtung verdanken wir in erster Linie *Axel Key* und *Retzius*, die in ihrem grossen Werke auf Tafel XVIII und XIX eine Reihe von Ursprüngen *Remak*'scher Fasern von multipolaren Zellen darstellen und ausserdem den Nachweis geliefert haben, dass diese Ausläufer im weiteren Verlaufe z. Th. sich reich verzweigen, z. Th. ungetheilt auf grosse Strecken zu verfolgen sind. Nie sahen diese Autoren an diesen Fasern eine Myelinscheide auftreten, auch wenn sie noch soweit verfolgt wurden, und so darf es wohl als bewiesen erachtet werden, dass die *Remak*'schen Fibrillen von den Nervenzellen des *Sympathicus* entspringen und wesentlich die Bedeutung von Achsencylindern haben. Noch weiterer Prüfung bedarf die Frage nach einer *Schwann*'schen Scheide dieser Fibrillen. Die genannten schwedischen Forscher sahen in vielen Fällen (siehe Taf. XVIII und XIX) die kernführende Scheide der Nervenzellen

Fig. 355. Einige sekundäre Bündel der Milznerven des Ochsen mit Chromsäure und Karmin. Starke Vergr. An der Stelle der *Remak*'schen Fasern Hohlräume von den *Remak*'schen Fibrillen kranzartig umgeben. Kerne der *Remak*'schen Fasern und des interstitiellen Gewebes sichtbar.

auch auf deren Ausläufer sich fortsetzen, doch verlor sich dieselbe im weiteren Verlaufe und wird es so in hohem Grade wahrscheinlich, dass die *Remak*'schen Fibrillen keine *Schwann*'sche Scheide besitzen.

Noch ein Punkt bleibt zu erwägen übrig, nämlich der, ob Alle Ausläufer der sympathischen Zellen zu *Remak*'schen Fasern sich gestalten oder nur gewisse derselben. Zieht man zur Entscheidung die neuesten, an *Golgi*'schen Präparaten gewonnenen Erfahrungen herbei, so ergiebt sich, dass die verästelten Ausläufer dieser Zellen nicht als Nervenfasern im gewöhnlichen Sinne dieses Wortes anzusehen, sondern mit den Protoplasmafortsätzen centraler Zellen in eine Linie zu stellen sind; dagegen sind die unverästelten Fortsätze dieser Zellen, wie *ich* selbst, *Ramón*, *v. Gehuchten* und *Sala* gefunden haben, unzweifelhaft nervöse Fortsätze und von diesen ist die Annahme wohl begründet, dass jede derselben in eine *Remak*'sche Fibrille übergehe.

Ranvier lässt im *Sympathicus* des Kaninchens alle Ausläufer der Zellen in *Remak*'sche Fasern sich fortsetzen (Traité technique Fig. 345 und 346), es sind jedoch diese Beobachtungen vor der Zeit angestellt, in denen die *Golgi*'sche Methode über das Verhalten der Sympathicuszellen genauere Aufschlüsse gab, und können somit in dieser Frage nicht als entscheidend angesehen werden.

An den letzten Endigungen verhalten sich die *Remak*'schen Fibrillen, wie vor allem die Untersuchungen von *Ramón*, von *Retzius* und *meine eigenen* über die sympathischen Ganglien, die Nerven des Pancreas und der Milz lehren, so wie die nackten Achsencylinder überhaupt, indem sie aufs reichste sich theilen und mit freien Enden auslaufen.

Zum Schlusse sei nun noch die Frage besprochen, ob in den cerebrospinalen Nerven auch *Remak*'sche Fasern sich finden. Nachdem *Remak*, *Hannover* und *Beale* zuerst sich für ein solches Vorkommen ausgesprochen, wurde dasselbe dann besonders durch *Key* und *Retzius* vertheidigt und durch Abbildungen versinnlicht (S. 86, Taf. VI Fig. 7—10 vom Menschen; S. 88, 89, Taf. VIII Fig. 3, 11—13 vom Hunde und Kaninchen; S. 90, Taf. VIII, Fig. 26 vom Buchfinken; S. 92, Taf. IX, Fig. 3—6 vom Frosche; S. 95, Taf. X, Fig. 5 vom Hechte). Diesen Annahmen ist in neuerer Zeit *Boveri* entgegengetreten, der behauptet, dass alle diese scheinbar marklosen Fasern der Cerebrospinalnerven und zum Theil auch die des *Sympathicus* durch Silber jene charakteristischen Querlinien bekommen, die die markhaltigen Fasern auszeichnet (Fig. XII u. XIII vom Grenzstrange des Kaninchens). Er schlägt daher vor, diese Fasern „segmentirte“ zu nennen und von den *Remak*'schen Fibrillen zu trennen, von denen dieselben auch durch das regelmässige Vorkommen von in bestimmten Abständen liegenden Kernen sich unterscheiden, was ebenso, wie die Silberstreifen, auf die Anwesenheit einer Scheide hinweise.

Meine Erfahrungen über diese Frage stimmen mit denen von *Boveri* zum Theil überein. In erster Linie bin ich der Meinung, dass seine sogenannten segmentirten Fasern wirklich feine und feinste markhaltige Elemente sind. An diesen Fäserchen fand ich im Grenzstrange des *Sympathicus* der Katze bei einfacher Versilberung von Osmiumpräparaten an den Grenzen der Segmente theils einfache dunkle Querlinien, theils *Ranvier*'sche Kreuze. Die Querlinien erstreckten sich über die ganze Breite der Fasern, während der longitudinale

Schenkel des Kreuzes nur die Mitte der Fasern einnahm und somit wohl im Achsencylinder seinen Sitz hatte. Alle diese Fasern ergaben sich, wenn die Osmiumsäure gut eingewirkt hatte, auch die feinsten, als dunkle Bildungen. Neben diesen Fasern kommen aber im Grenzstrange des *Sympathicus*, in allen seinen Ganglien und Aesten dieselben Elemente vor, wie in den Milznerven, und diese betrachte ich als die eigentlichen marklosen Elemente des *Sympathicus* oder als *Remak*'sche Fasern. In den Cerebrospinalnerven habe ich solche Elemente noch nicht gesehen und bin ich daher der Meinung, dass die scheinbar marklosen, von *Key* und *Retzius* abgebildeten Elemente dieser Nerven alle als feinste markhaltige Bildungen zu betrachten sind. Dafür spricht auch, dass man bei Versilberung cerebrospinaler Nerven keine Elemente findet, die nicht quere Silberlinien darböten.

Zu den marklosen Nervenfasern gehören bei höheren Geschöpfen auch die Elemente der *Nervi olfactorii*. Nachdem *Todd-Bowman* und *Remak* dieselben zuerst als marklos erkannt, und ich gezeigt hatte, dass dieselben Röhren darstellen, die einen feinkörnigen Inhalt mit zahlreichen Kernen besitzen (Mikr. Anat. II 2 1854, S. 769, Fig. 438) gelang 1862 *M. Schultze* der Nachweis, dass der Inhalt dieser Röhren aus feinsten Fibrillen besteht, wie dies nun durch die *Golgi*'sche Methode mit grösster Leichtigkeit sich nachweisen lässt.

Eine genaue Analyse dieser Olfactoriusfasern ergiebt, dass dieselben beim Kalbe gröbere und feinere, cylindrische sekundäre Bündel von 0,57—0,08 mm und darunter bilden, von denen jedes von einer derberen Bindegewebehülle mit zelligen Elementen umgeben wird. Innerhalb dieser „Geruchsnervenfaserbündel" von *M. Schultze* liegen die von diesem Autor als Primitivfasern bezeichneten Gebilde, welche ich Primitivbündel heisse und jedes dieser Bündel besteht wiederum aus einer Hülle und einem Bündel von Fibrillen, den Primitivfibrillen oder Olfactoriusfäserchen.

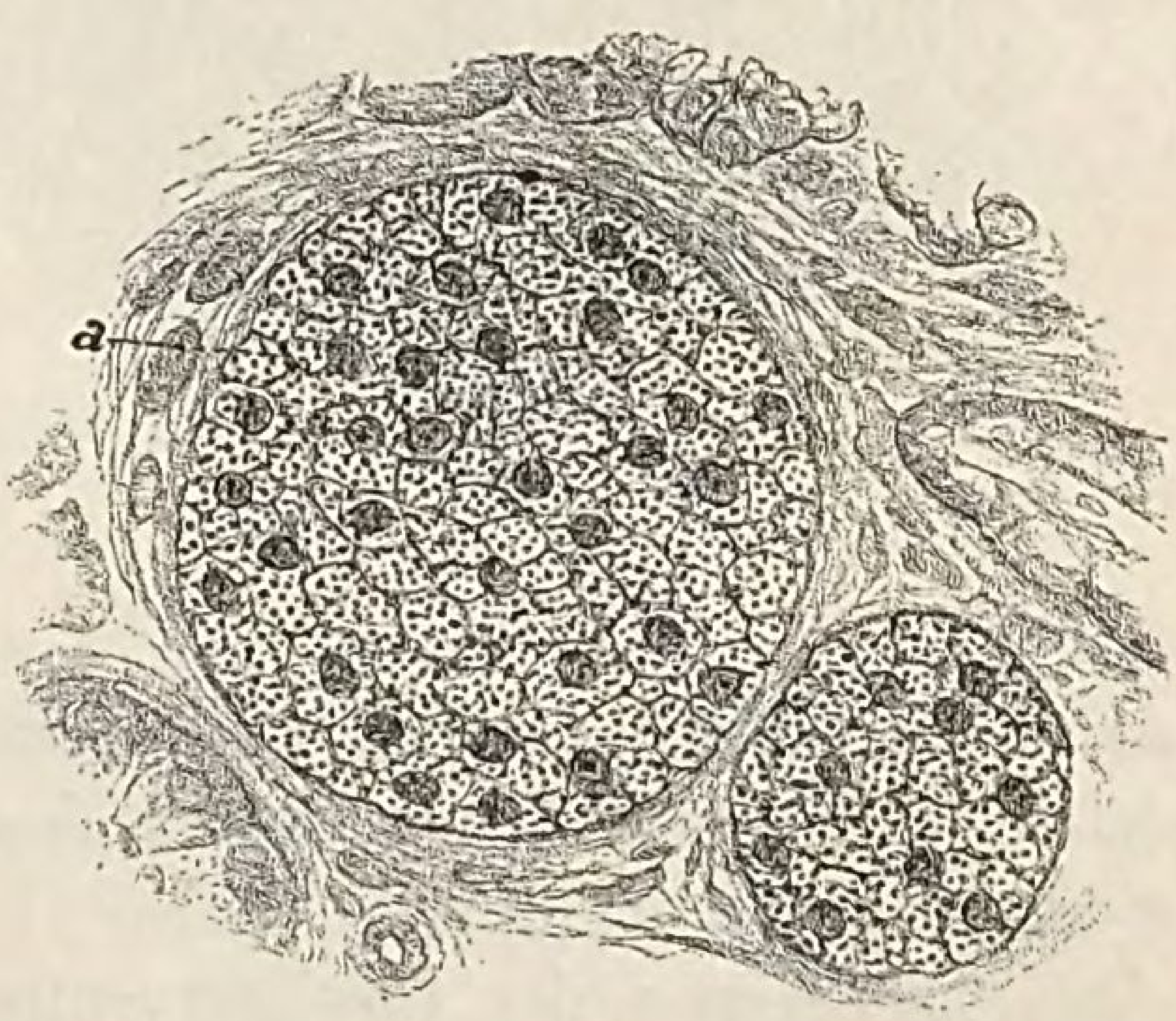


Fig. 356.

Da wir nun mit Sicherheit wissen (siehe unten), dass jedes dieser Olfactoriusfäserchen der Ausläufer einer einzigen Riechzelle der *Regio olfactoria* ist und auf der andern Seite im *Bulbus olfactorius* in den Riechkolben mit einer freien Verästelung endigt, so ist klar, dass diese Fäserchen ganzen Achsencylindern entsprechen und dass die Primitivfasern von *M. Schultze* oder meine Primitivbündel einem ganzen Bündel markhaltiger Nerven gleichwerthig sind und somit auch mit den *Remak*'schen Fasern eine Vergleichung zulassen.

Fig. 356. Zwei sekundäre Bündel des *Olfactorius* des Ochsen aus der Nasenschleimhaut quer mit Chromsäure und Karmin. Starke Vergr. Jedes Bündel zeigt Andeutungen der Primitivbündel *a*, viele Kerne in den letzteren und die Olfactoriusfäserchen als feine Pünktchen.

Die Primitivbündel (Fig. 356, 357) der Olfactoriusstämmchen und Aeste schwanken bei Säugern zwischen 4 und 22 μ, sind im Allgemeinen in den gröberen Stämmen dicker, in den feineren dünner, doch kommen, namentlich in den ersteren, sehr wechselnde Durchmesser vor. In erhärteten Präparaten sind die Umrisse derselben in Querschnitten polygonal, doch ist kaum zu bezweifeln, dass ihre Gestalt eigentlich eine cylindrische ist. Jedes Bündel besitzt eine zarte, allem Anschein nach strukturlose Hülle, die leicht zur Anschauung kommt, wenn man an frischen Bündeln den Inhalt herauspresst oder durch kaustische Alkalien auflöst (*ich, M. Schultze*). Die Fibrillen erkennt man schon an vorsichtig erhärteten Präparaten, namentlich bei Anwendung von Chromsäure und chromsaurem Kali und ausserordentlich deutlich werden dieselben an nach *Golgi* behandelten Objekten. An solchen finde ich dieselben ohne Ausnahme an der Oberfläche des *Bulbus olfactorius* in reichlichster Menge schwarz gefärbt als fast unmessbar feine variköse Fäserchen, welche jedoch keine Primitivbündel bilden, sondern in der ganzen Breite der gröberen Bündel gleichmässig vertheilt sind. In der Nasenhöhle selbst kommen solche Färbungen auch vor, doch sind hier selten die Fibrillen Eines sekundären Bündels alle gefärbt (Fig. 357) und dann beobachtet man hier auch die Eigenthümlichkeit, dass dieselben oft zu Primitivbündeln vereinigt sind, so dass Nervenstämme vorkommen, die nur aus solchen stärkeren schwarzen Fasern bestehen, deren Zusammensetzung aus feinen Fibrillen jedoch meist an vielen Stellen deutlich zu erkennen ist. In den feinsten gegen das Epithel aufsteigenden Aestchen erscheinen dann an gelungenen Stücken die Primitivfibrillen wieder äusserst deutlich.

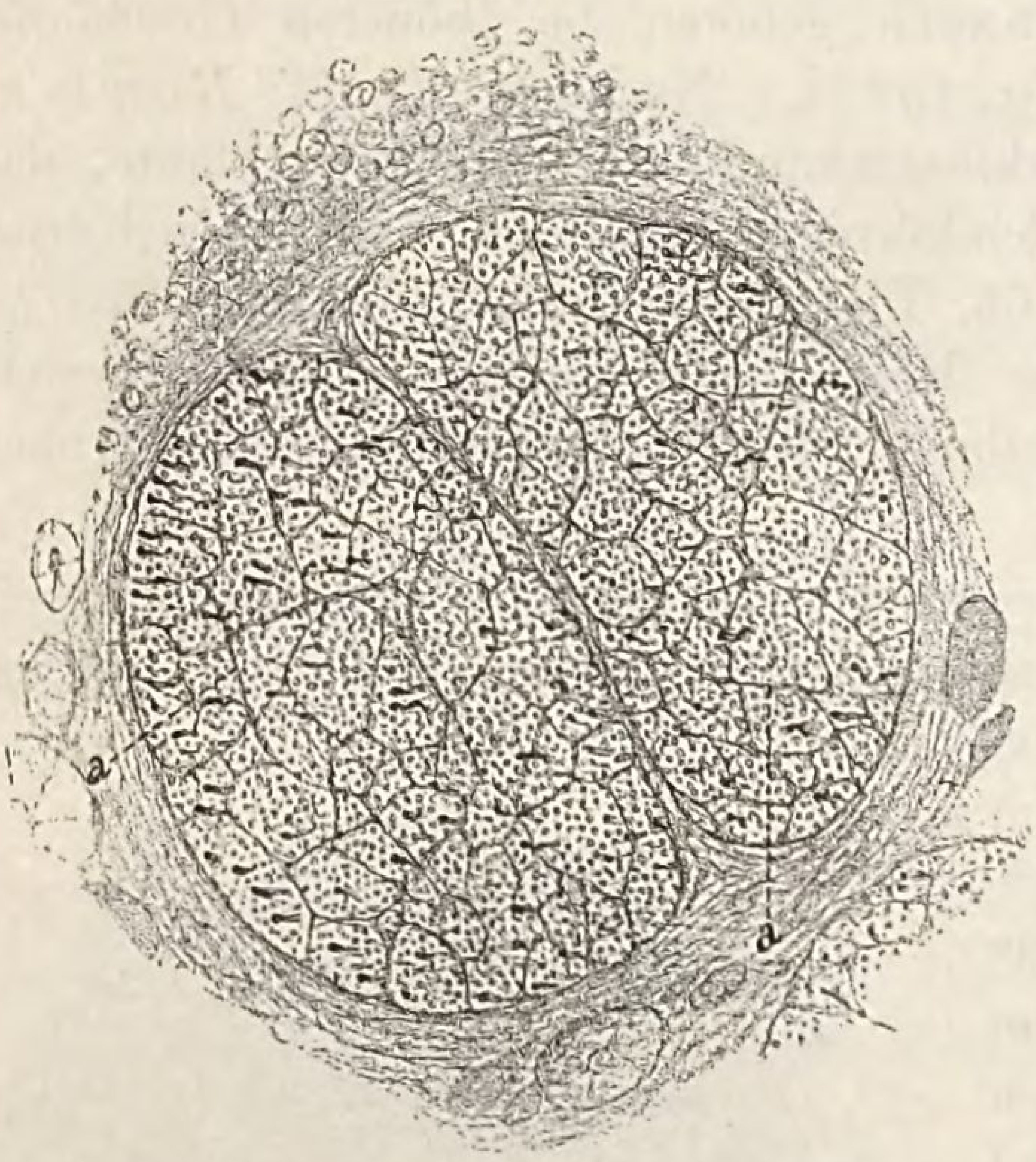


Fig. 357.

Die Kerne der Riechnervenfasern gehören theils der Scheide der sekundären Bündel an, theils liegen dieselben im Innern der Scheide der Primitivfasern neben den Primitivfibrillen. Von dieser letzteren Thatsache kann man sich leicht überzeugen, wenn man auf frische Primitivfasern einen allmählich verstärkten Druck ausübt, in welchem Falle der Inhalt sammt Kernen in Form langer Würste herausquillt und sich als eine zähe, jedoch weiche Masse ergiebt, die nicht leicht zerbröckelt, nie Tropfen bildet und aus einer Unzahl kleiner, gleichgrosser Molekeln und einer homogenen Verbindungssubstanz besteht. Die mehr länglichen, nie stabförmigen Kerne sind unregelmässig in den Primitiv-

Fig. 357. Zwei sekundäre Bündel des *Olfactorius* aus der Nasenschleimhaut des Ochsen, quer (*Golgi*, starke Vergr.) *a* Primitivbündel. Die dunklen Punkte und Strichelchen sind durch Silber schwarz gefärbte Olfactoriusfäserchen, die blassen Punkte ungefärbte solche.

bündeln zerstreut, bald in einfacher Reihe hintereinander, bald alternirend gestellt, ja selbst hie und da nebeneinander gelegen.

Was die Deutung dieser Kerne und der Scheide der Primitivbündel anlangt, so ergiebt sich nun, seit nachgewiesen ist, dass je Eine Olfactoriusfibrille und Eine Riechzelle eine anatomische Einheit bilden, dass die Scheiden der Primitivbündel der Riechnerven und ihre Kerne sekundäre Bildungen sind und eine Vergleichung mit den bindegewebigen Scheiden oder dem Neurilemm anderer Nerven zulassen. Im Jahre 1883 habe ich gezeigt, dass die *Nervi olfactorii* nicht wie andere Kopf- und Spinalnerven als kernlose Bündel von feinsten Fäserchen (Achsencylinder) auftreten, vielmehr von Anfang an in ihrer ganzen Länge aus kernhaltigen Bündelchen feinster Achsencylinder oder Fäserchen bestehen (Zur Entw. d. Auges und Geruchsorganes menschlicher Embryonen, Festschrift für Zürich S. 17, Fig. 20). Diese Kerne betrachtete ich nun nicht mehr als wesentlich den Nervenfasern, sondern als Umhüllungsgebilden angehörend. Auch so aufgefasst stehen immerhin die Primitivbündel des *Olfactorius* als Gebilde eigener Art da, denn es kommen sonst nirgends Bündel von marklosen Nervenfasern (nackten Achsencylindern) umgeben von einer strukturlosen Scheide und einer kernhaltigen Zwischensubstanz vor. Dass eine Letztere, wenn auch in sehr geringer Menge, zwischen den Olfactoriusfibrillen vorhanden ist, lehren die Querschnitte wohl unzweifelhaft.

In Betreff der marklosen Nervenfasern der niedersten Wirbelthiere (*Petromyzon, Myxine, Amphioxus*) und der Wirbellosen vergl. man Bd. I S. 155, ferner die Angaben von *Schiefferdecker* (Gewebelehre II S. 184, 202 und Fig. 112, 129, 130) und die Arbeiten von *Retzius*. Von diesen Nervenfasern scheinen viele einen fibrillären Achsencylinder und z. Th. eine *Schwann*'sche Scheide zu besitzen und dürfen somit den Enden der markhaltigen Fasern an die Seite gestellt werden.

C. Nervenzellen.

§ 121.

Alle Nervenzellen ohne Ausnahme besitzen beim Erwachsenen Ausläufer oder Fortsätze von grösserer, oft erstaunlicher Länge und stellen, wie schon im § 116 kurz angedeutet wurde, mit denselben zusammen anatomische (und physiologische) Einheiten dar, die ich Nervenbäumchen, *Neurodendren* oder *Neurodendridien* nenne, um mit dem Worte auch die Haupteigenthümlichkeiten dieser Einheiten zu bezeichnen.

Die Ausläufer der Nervenbäumchen, welche, die ersten Entwicklungsstadien abgerechnet, allen Nervenzellen zukommen, sind sehr bedeutungsvolle Theile derselben, indem diese Ausläufer wohl alle die Bedeutung von Leitungsfasern haben.

Nach den bisherigen Erfahrungen lassen sich diese Fortsätze eintheilen a) in solche, welche in echte Nervenfasern übergehen und entfernte Theile des centralen Nervensystems untereinander verbinden, wie z. B. Theile des Gehirns und des Rückenmarks, oder die Centralorgane des Nervensystems mit peripherischen Organen, wie Muskelfasern, Sinnesorganen, elektrischen Apparaten. Solche Fortsätze wollen wir Nervenfaserfortsätze oder *Neuraxonen* heissen, weil dieselben in die Achsencylinder oder die Axonen echter Nervenfasern sich fortsetzen und dieselbe Beschaffenheit haben, wie diese.

b) Andere Fortsätze, die zum Theil reich verästelt sind, haben zwar die Natur der eben genannten Achsencylinderfortsätze, gehen jedoch, so viel bekannt ist, nicht in echte markhaltige Nervenfasern über und besitzen, was wohl in erster Linie betont zu werden verdient, einen nur beschränkten Verbreitungsbezirk innerhalb der Centralorgane und gehen nie in periphere Nerven über. Diese Fortsätze sollen nervöse Fortsätze, *Neuropodien* heissen. c) Noch andere Fortsätze, die *Dendriten* von *His*, die von *Deiters* unter dem Namen Protoplasmafortsätze beschrieben wurden, stellen mehr weniger reich verästelte Ausläufer von Nervenzellen dar und unterscheiden sich von den sub b genannten, mit denen sie das gemein haben, dass sie auch nie in echte Nervenfasern übergehen, dadurch, dass sie in ihrer Beschaffenheit mit der Substanz der betreffenden Nervenzellen übereinstimmen.

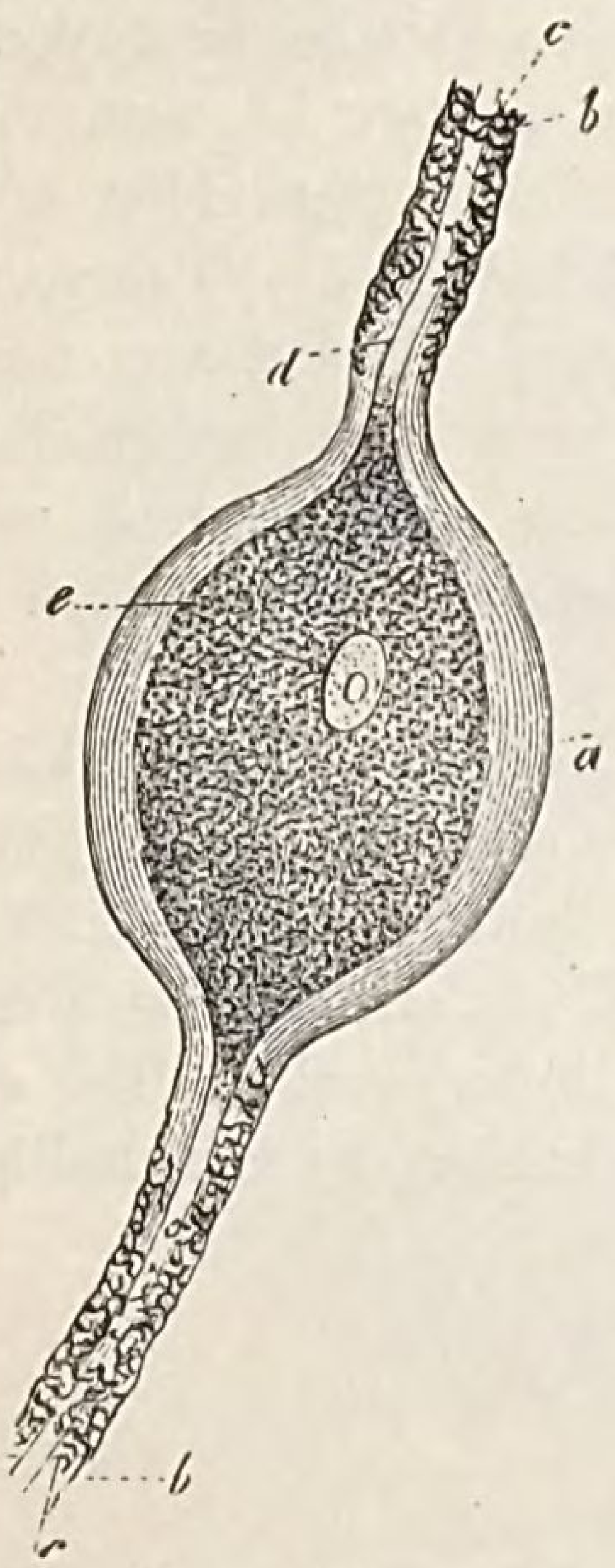


Fig. 358.


Fig. 359.

Die genannten Fortsätze nun treten in ganz bestimmte Beziehungen zu den Nervenzellen und lassen sich zwei Hauptarten von Zellen unterscheiden, solche die nur einerlei Fortsätze haben, die ich homoiopodere Zellen heisse und andere, die zweierlei Ausläufer besitzen, heteropodere Zellen.

A. Zellen die nur einerlei Fortsätze haben, Homoiopodere Neurodendren. Hierher gehören:

I. Zellen, die nur Nervenfaserfortsätze haben. In diese Gruppe gehören folgende Elemente:

1. Die Zellen der Spinalganglien der Wirbelthiere und diejenigen der Ganglien gewisser Kopfnerven. Diese Zellen zerfallen im Allgemeinen in bipolare und in unipolare.

Bei den bipolaren Zellen, wie sie von *Bidder-Reichert, R. Wagner* und *Robin* im Jahre 1847 in den Spinalganglien der Fische zuerst aufgefunden wurden (Fig. 358), gehen von einer Zelle meist an zwei entgegengesetzten Stellen blasse Fortsätze ab, die nach kürzerem oder längerem Verlaufe mit Mark sich umhüllen und zu dunkelrandigen Fasern werden, von denen die eine in das Rückenmark eintritt, die andere zur Peripherie verläuft und dort als sensible

Fig. 358. Ganglienkugel vom Hecht (sogenannte bipolare), die an zwei Enden in dunkelrandige Nervenröhren ausläuft, mit arseniger Säure behandelt, 350mal vergr. *a* Hülle der Kugel, *b* Nervenscheide, *c* Nervenmark, *d* Achsenfaser mit dem von der Hülle zurückgezogenen Inhalte *e* der Ganglienkugel zusammenhängend.

Fig. 359. Bipolare Ganglienkugel aus dem *Ganglion spirale* des Schweines, 350mal vergr. Nach *Corti*.

Faser beginnt. Die Hülle der betreffenden Ganglienzellen der Fische entspricht höchst wahrscheinlich der *Schwann*'schen Scheide der Nervenfasern.

Aehnliche bipolare Zellen finden sich auch nach *Corti*'s Entdeckungen im *Ganglion spirale* des Schneckennerven (Fig. 359).

Auch aus dem *Sympathicus*, d. h. der Vorhofsscheidewand des Froschherzens sind bipolare Zellen beschrieben, von denen es jedoch zweifelhaft ist, ob dieselben sensible sind, wie diejenigen der Spinalganglien, da der eine Ausläufer derselben zur Muskulatur sich verfolgen liess (*Smirnow*, Arch. f. m. An. Bd. XXXV Taf. 25 Fig. 20; *N. Zawdowsky*, Ebenda Bd. XXIX Taf. 36 Fig. 2). Ferner sind hier zu erwähnen die von *Schwalbe* (Arch. f. m. Anat. Bd. IV, Taf. 4 Fig. 13) beschriebenen bipolaren Zellen aus dem *Sympathicus* des Kaninchens.

2. In den Spinalganglien der Säuger und des Menschen liessen sich lange Zeit hindurch nur unipolare Nervenzellen nachweisen, d. h. solche, deren Achsencylinderfortsatz nur in eine einzige dunkelrandige Nervenfaser übergeht, bis es den vereinten Bemühungen einer Reihe von Forschern (*Schramm*, *Ranvier*, *Axel Key*, *Retzius* u. A.) gelang, nachzuweisen, dass der einfache Fortsatz in grösserer oder geringerer Entfernung von der Zelle in zwei sich theilt, von denen der eine, zu einer dunkelrandigen feineren Faser geworden, durch die hinteren Wurzeln in das Rückenmark eintritt, während der andere zur Peripherie sich begiebt und dort endet (Fig. 360). Die Theilung des einfachen Achsencylinderfortsatzes geschieht meist so, dass die Aeste mit demselben einen rechten Winkel bilden, was von *Ranvier* mit dem Namen Fasern von T-Form bezeichnet wurde, bevor man

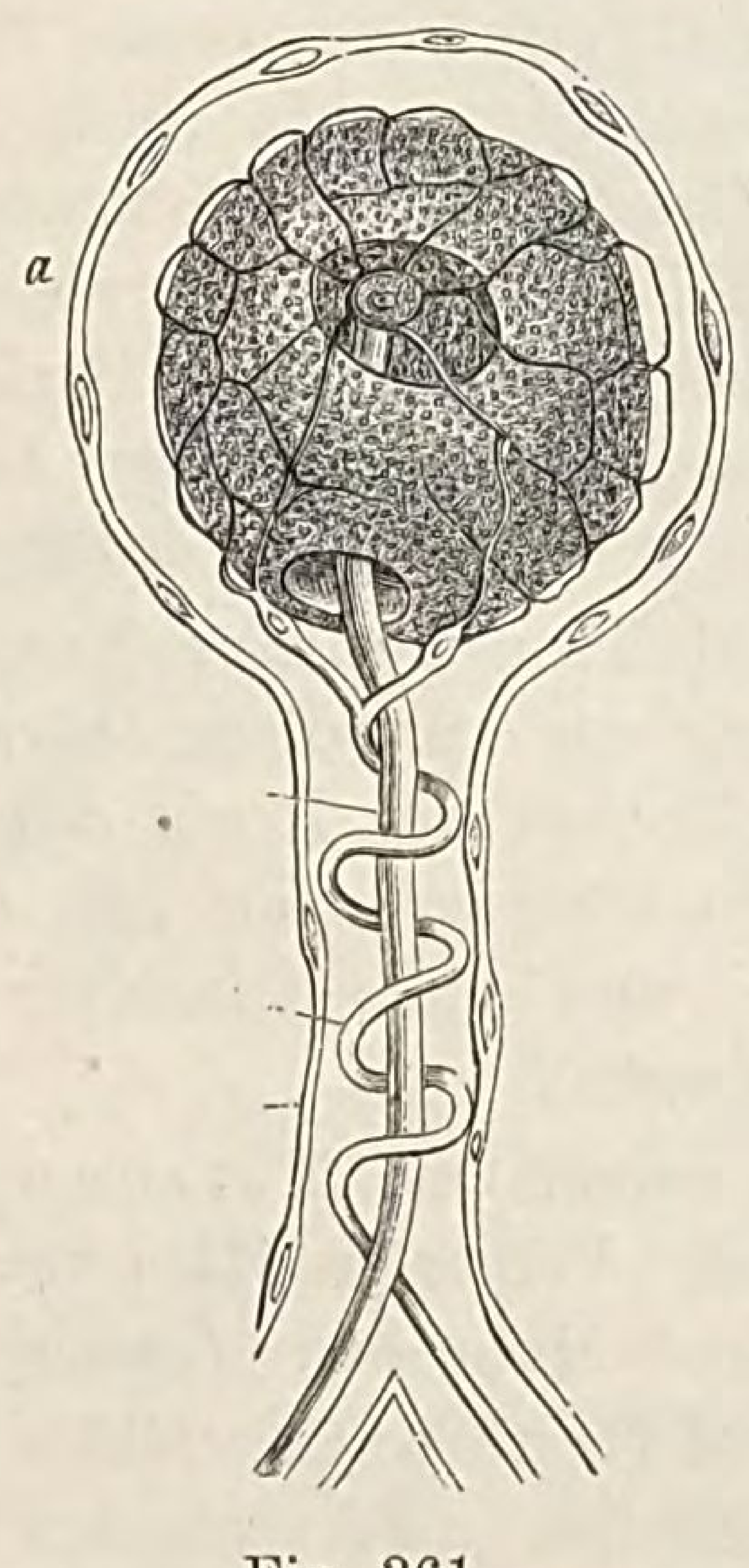


Fig. 361.

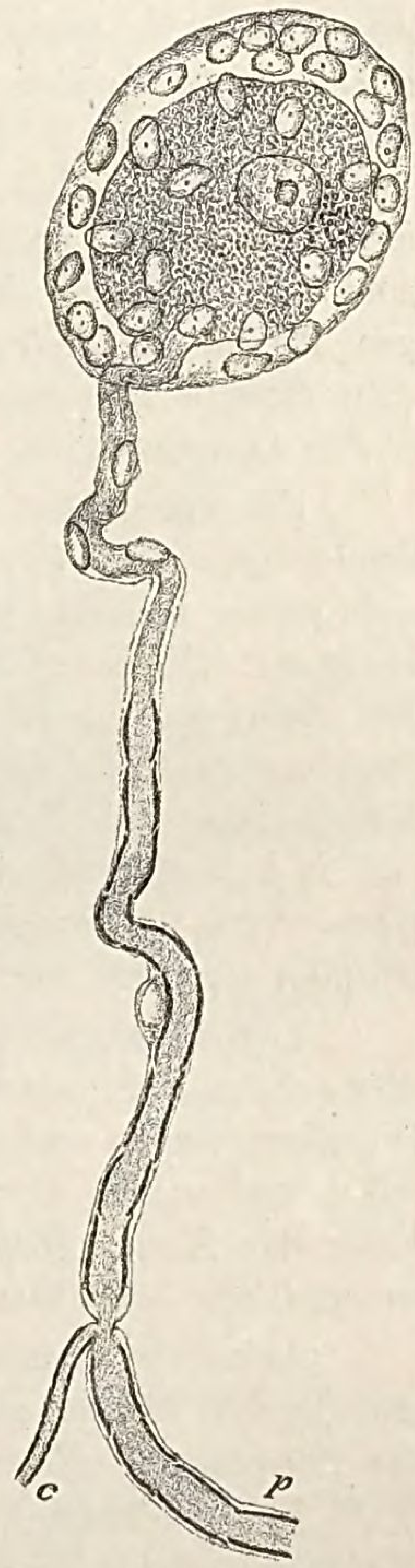


Fig. 360.

Fig. 360. Ganglienzelle aus dem *Ganglion jugulare Vagi* des Hundes mit dem Ursprunge einer Nervenfaser und der Theilung derselben in einen feineren *c* und einen gröberen Ast *p*. Nach *Retzius*. Starke Vergr.

Fig. 361. Sympathische Ganglienzelle des Frosches mit den abtretenden Fasern. Halbschematisch vergr. *a a* Kernhaltige Primitivscheide von Zelle und Fasern. *b* Gerade Nervenfaser (Achsencylinder), *c* Spiralfaser, die aus einem feinen Fadennetze entspringt, das die Zelle umspinnt. Nach *J. Arnold*. Die von diesem Forscher früher angenommenen Verbindungen von *a* und *c* mit dem *Nucleolus* sind nicht vorhanden.

wusste, welchen Verlauf die drei Stücke nehmen. Diese Zellen schliessen sich somit nahe an die bipolaren an, um so mehr, als auch *His* gezeigt hat, dass dieselben bei Embryonen aus bipolaren Zellen sich hervorbilden.

3. Zu den Zellen, die nur Einen nervösen Fortsatz besitzen oder den unipolaren Zellen gehören neueren Untersuchungen zufolge die von *Beale* und *Arnold* entdeckten Nervenzellen mit Spiralfasern um den Achsencylinderfortsatz herum aus dem *Sympathicus* der Amphibien (Fig. 361). An diesen Zellen ist der gerade Fortsatz als ein Achsencylinderfortsatz anzusehen, der in eine blasse marklose Faser sich fortsetzt (*Retzius*), doch muss erwähnt werden, dass *Smirnow* in Einem Falle (Fig. 16) einen Uebergang in eine dunkelrandige Faser gesehen zu haben glaubt. Wie dieser Fortsatz im weiteren Verlaufe sich verhält, ist noch nicht ermittelt, doch ist wahrscheinlich, dass derselbe ganz zur Peripherie sich begiebt und dass die an ihm beobachteten gabelförmigen Theilungen (*Schwalbe* bei *Feist* Fig. 20, 21, 22, *Smirnow* l. c. Fig. 11) nicht dieselbe Bedeutung haben, wie die Theilungen der Achsencylinderfortsätze in den Spinalganglien.

Die Spiralfaser, die an diesen Zellen sich findet, ist nach den neuesten Erfahrungen von *Arnold* und *Ehrlich* nicht als eine von diesen Zellen entspringende, sondern als eine an der Aussenfläche derselben mit feinen Verästelungen (Netzen?) endende oder beginnende Nervenfaser anzusehen, welche ihre Zelle an einem andern Ort besitzt (Siehe auch die Beobachtungen von *Smirnow* und *Retzius*). Ganz ähnliche Endigungen von Nervenfasern an der Aussenfläche von Nervenzellen finden sich, wie *Ramón y Cajal* entdeckte und *ich* bestätigte, an der Oberfläche der *Purkinje*'schen Zellen im kleinen Hirn, ferner (*Ehrlich* und *Ramón*) auf den Zellen der Spinalganglien und (*Ramón* und *ich*) auch um gewisse Zellen des *Sympathicus*.

4. Sehr eigenthümliche unipolare Nervenzellen sind diejenigen gewisser höherer Sinnesorgane, wie vor allem diejenigen des Geruchsorganes. Dieselben finden sich im Epithel der *Regio olfactoria* neben echten Epithelzellen und senden einen Nervenfaserfortsatz aus, der später zu einer marklosen Faser der *Nervi olfactorii* wird und schliesslich in den *Glomeruli olfactorii* endigt (siehe beim Geruchsorgan).

Aehnliche Elemente enthält die Netzhaut, deren Sehzellen (Stäbchen und Zapfen) hierher gehören. Ferner die Haut von *Lumbricus* (*v. Lenhossek*), der Polychaeten (*Nereis*) und Mollusken (*Limax*) nach *Retzius*.

Im Geschmacks- und Gehörorgan fehlen nach den Untersuchungen von *Retzius* solche Nervenendzellen und schliessen sich die hier vorkommenden Verhältnisse ganz an diejenigen der gewöhnlichen sensiblen Fasern an.

5. Eine ganz besondere Art von unipolaren Zellen sind diejenigen aus den Ganglien der niederen Thiere, die in neuerer und neuester Zeit besonders durch die Untersuchungen von *Biedermann* und *Retzius*, bekannt geworden sind. Diese Zellen, die mit motorischen Fasern in Beziehung stehen, entsenden von ihrem einzigen zur Peripherie dringenden Hauptfortsatze aus eine grössere oder geringere Zahl feiner und feinster Verästelungen, welche in der sogenannten rein grauen Substanz der Ganglien (der Punktsubstanz von *Leydig*) sich ausbreiten und vor allem dazu zu dienen scheinen, um die durch

die sensiblen Fasern fortgepflanzten Erregungen auf die motorischen Elemente überzutragen.

6. In die Kategorie von Zellen, die nur Einerlei und zwar Nervenfaserfortsätze haben, gehört höchstwahrscheinlich ein Theil der von *Remak*, *Key* und *Retzius* (Studien Taf. XIX) u. A. beschriebenen multipolaren Zellen des *Sympathicus* der höheren Wirbelthiere, die von *mir* (Würzb. Sitzungsber. 23. Nov. 1889 und Verh. d. anat. Ges. 1891 Demonstrationen) und *Ramón* (*Plexus myentericus* des Frosches in Trabajos d. lab. d. Histol. de Barcelona Febr. 1892) als Zellen mit reichverästelten Ausläufern erkannt wurden, die wahrscheinlich alle dieselbe Beschaffenheit haben und als Nervenfasern anzusehen sind.

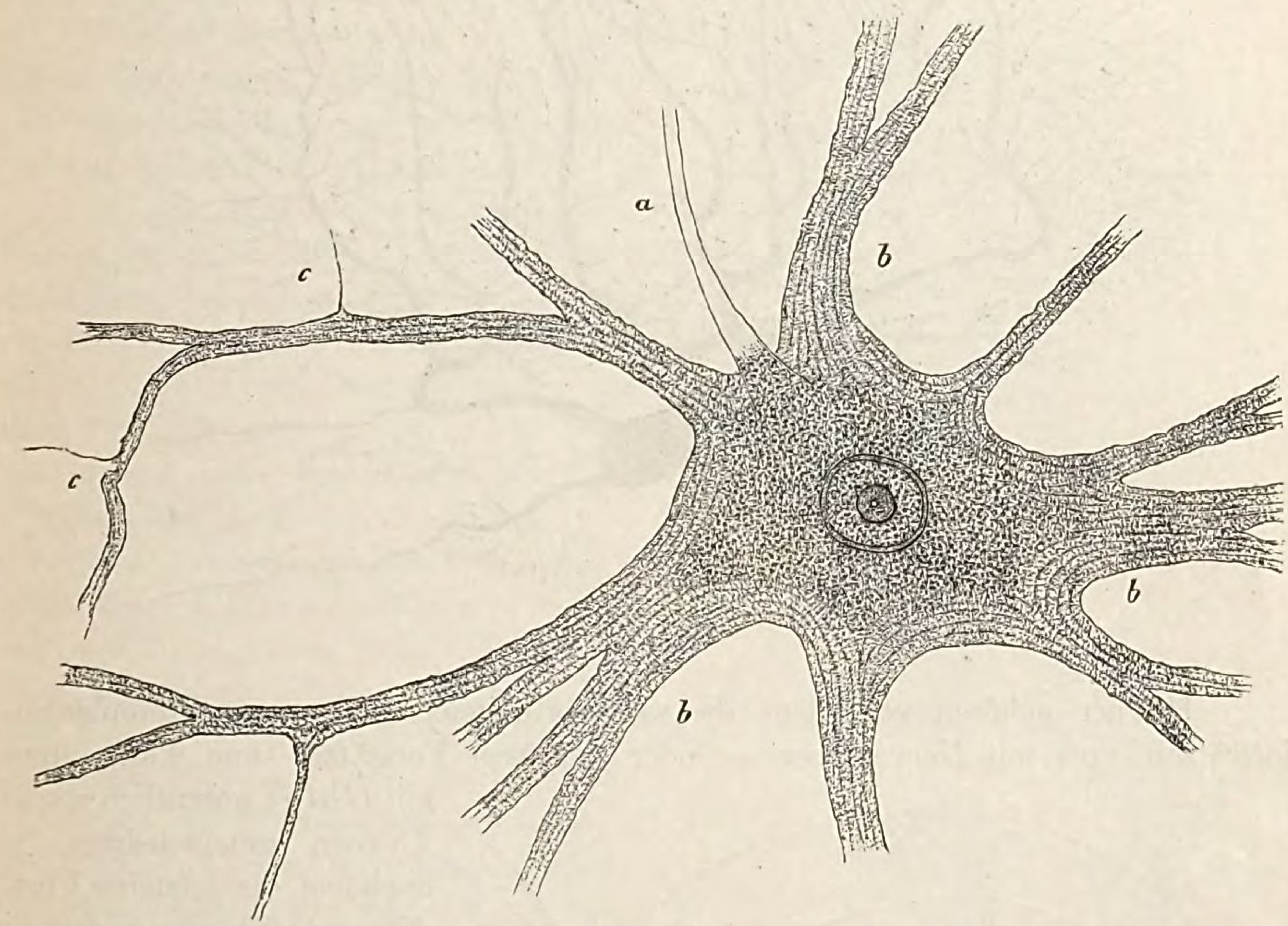


Fig. 362

II. Zellen, die nur Dendriten besitzen und der nervösen und Nervenfaserfortsätze ermangeln. Hierher zählen:

1. Eine von *Golgi* und *Ramón* gefundene Zellenart im *Bulbus olfactorius* der Säuger, von denen jedoch noch nicht ganz feststeht, ob sie in der That keine nervösen Fortsätze besitzen.

2. Möglicherweise gehören hierher die Nervenzellen der inneren Körnerlage der Netzhaut, die nach beiden Seiten in Verästelungen auslaufen (*Tartuferi, Ramón*), doch ist die Bedeutung dieser Verästelungen noch nicht hinreichend klar gestellt und könnte ein Theil derselben auch die Bedeutung nervöser Fortsätze haben, in welchem Falle diese Zellen *Golgi*'s II. Typus angehören würden.

Fig. 362. Motorische Nervenzelle aus dem frischen Marke des Kalbes mit sehr verdünnter Chromsäure, 570 mal vergr. *a* Nervenfaserfortsatz, *b* verästelte Fortsätze, deren viel länger dargestellte Aeste nicht wiedergegeben sind, *c* feine seitlich abgehende Aeste derselben, die nach *Deiters* in dunkelrandige Fäserchen übergehen sollen.

B. Nervenzellen die mehrerlei Fortsätze haben, heteropodere Neurodendren. Multipolare Zellen im Allgemeinen.

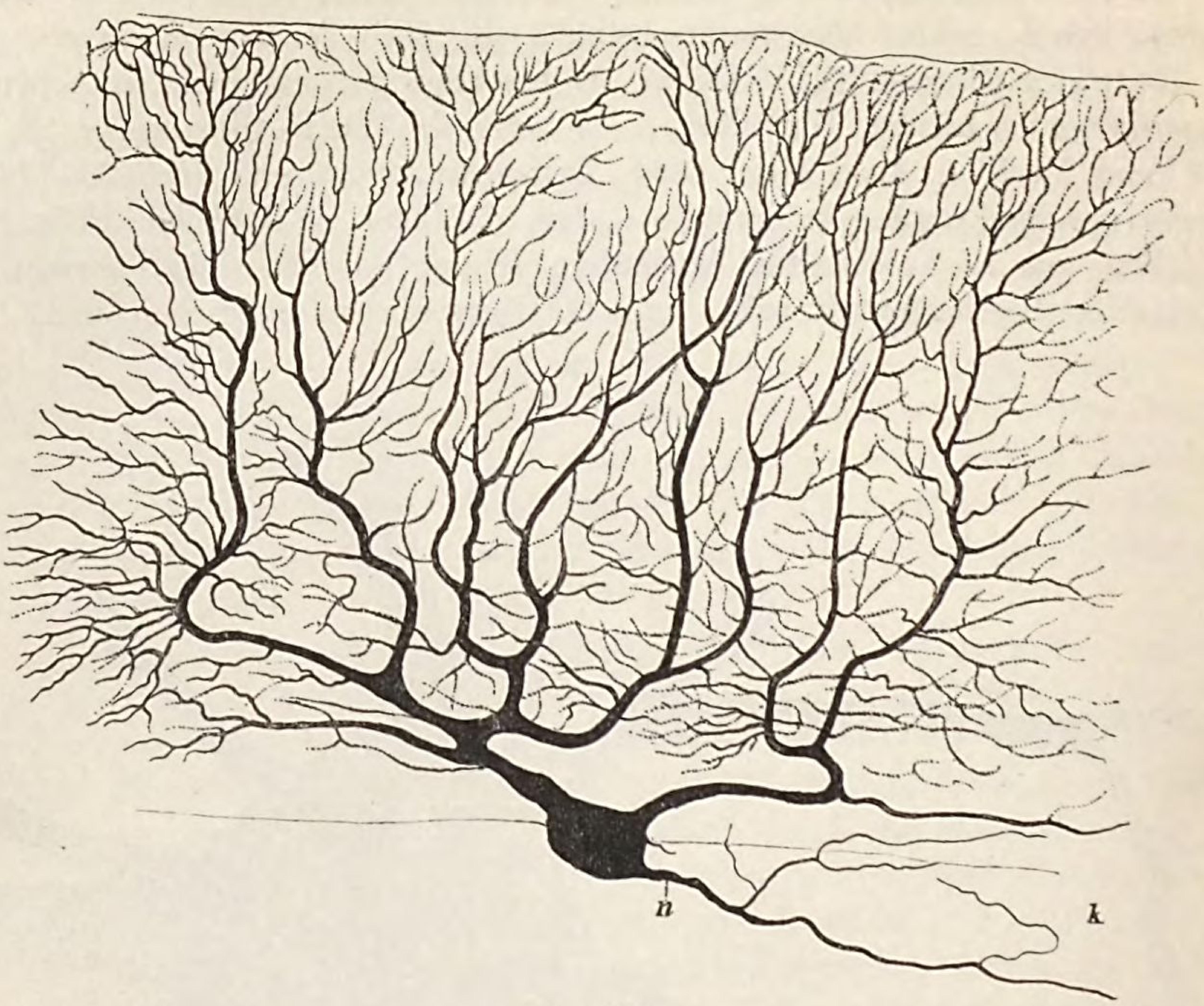


Fig. 363.

Hierher gehören vor allem die weit verbreiteten Zellen mit Protoplasmafortsätzen und mit Nervenfaser — oder nervösen Fortsätzen und kann man mit *Golgi* wesentlich zwei Typen unterscheiden, je nachdem die letzteren Fortsätze grössere oder geringere Verbreitungsbezirke haben und zu echten Nervenfasern sich gestalten oder nicht.

I. Heteropodere Nervenzellen mit echten Nervenfaserfort-

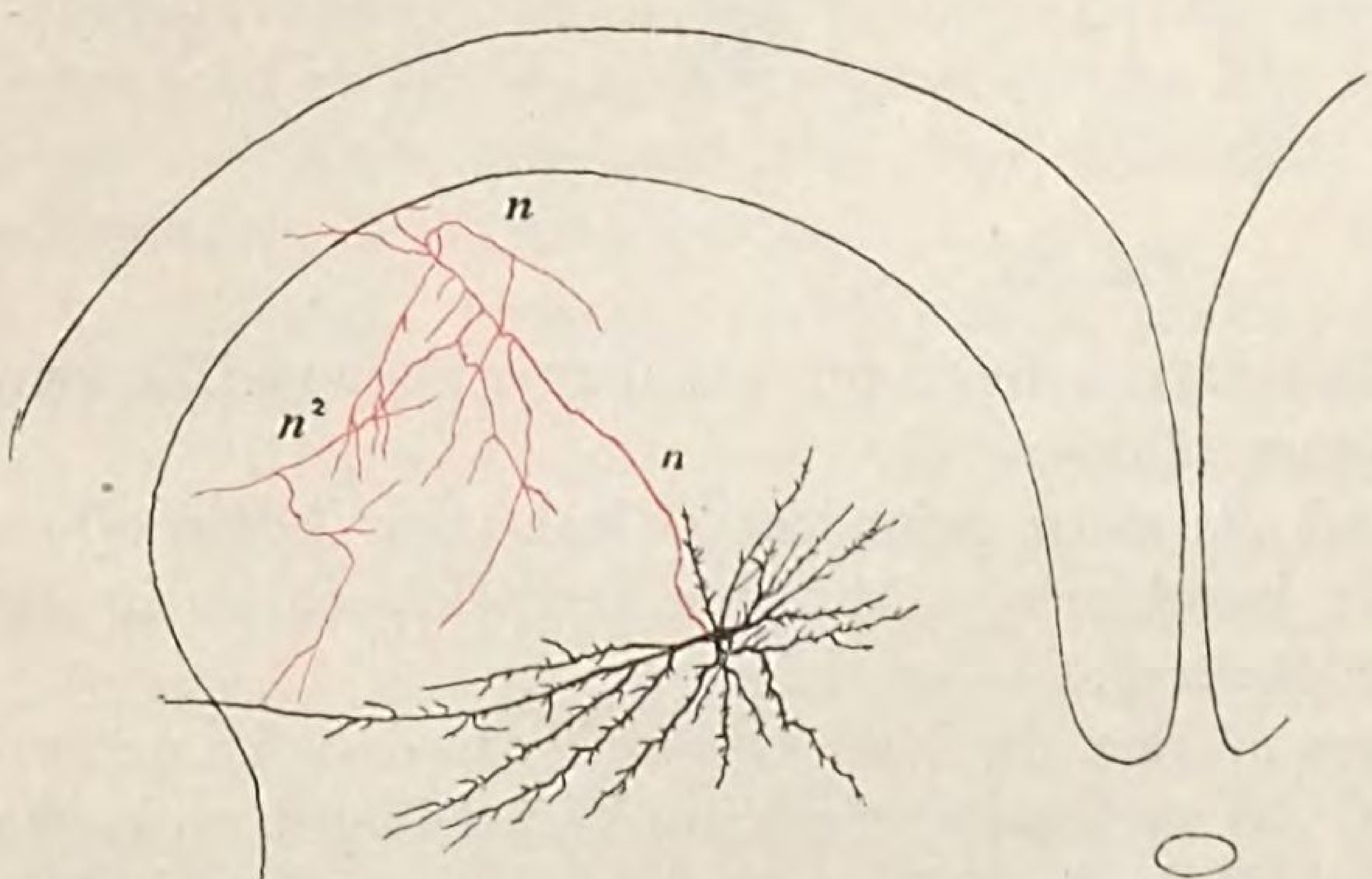


Fig. 364.

Fig. 363. *Purkinje*'sche Zelle aus dem Kleinhirn des Menschen. *n* Neuraxon, *k* Kollateralen desselben (*Golgi*, starke Vergr.).

Fig. 364. Eine Strangzelle aus dem Ventralhorne des Lendenmarks eines Rindsembryo von 20 cm. *n* Nervenfaserfortsatz, der bei *n'* in eine longitudinale Faser des Ventralstrangs übergeht. Der daneben befindliche Endast ging vielleicht auch in eine solche Faser über, *n''* Nebenäste (*Golgi*, ger. Vergr.).

sätzen oder Zellen des I. Typus von *Golgi*. Gewöhnliche multipolare Zellen.

1. Der Paradigma dieser Zellen sind die motorischen Zellen des Rückenmarks (Fig. 362), welche neben reich verästelten Protoplasmafortsätzen einen einzigen, manchmal mit einigen Nebenästchen besetzten Achsencylinderfortsatz besitzen, der in die motorischen Wurzeln eindringt und bis zu den betreffenden Muskeln verläuft. In diese Kategorie gehören wohl auch manche Strangzellen des Rückenmarks. Ferner alle Ursprungszellen der motorischen Kopfnerven, sowie gewisse Zellen der höheren Sinnesorgane, wie die Zellen des *Ganglion nervi optici* und alle sympathischen multipolaren Zellen mit Achsencylinderfortsätzen.

2. Als mehrweniger abweichende Varietäten dieser Zellen sind diejenigen anzusehen, bei denen der Achsencylinderfortsatz viele Nebenästchen (Collateralen) abgiebt, die zum Theil in sehr grosser Zahl sich finden und, wie *Flechsig* bei den Pyramidenzellen des grossen Hirns gefunden hat, in dunkelrandige Fasern übergehen können. Hierher gehören die Pyramidenzellen im grossen Gehirn (Fig. 367), die *Purkinje*'schen Zellen im Cerebellum (Fig. 363), viele Strangzellen im Rückenmark (Fig. 364), viele Zellen der *Medulla oblongata*, die Riesenzellen von *Amphioxus*. Alle Ausläufer des Achsencylinderfortsatzes dieser Zellen und der Achsencylinderfortsatz selbst gehen nicht aus den Centralorganen heraus, obschon dieselben echte markhaltige Elemente sind und über grosse Strecken verlaufen.

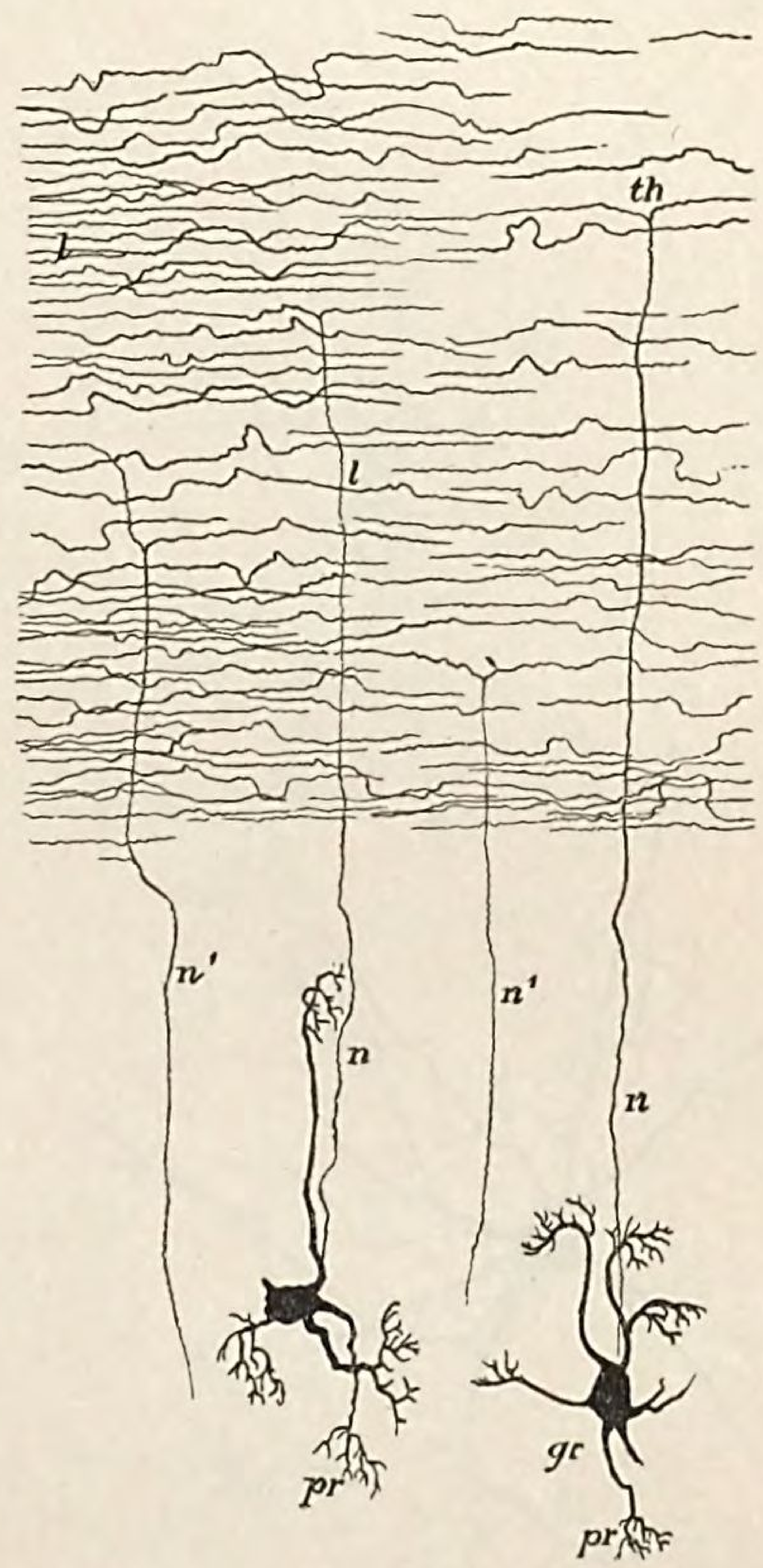


Fig. 365.

3. Zähle ich zu diesen Elementen die kleinen Nervenzellen der rostfarbenen Lage des kleinen Hirnes (Fig. 365). Der nervöse Fortsatz dieser Elemente theilt sich allem Anschein nach nur einmal in der Molekularschicht gabelig, verläuft jedoch, soviel wir wissen, im Allgemeinen nicht weit, scheint jedoch zu einer markhaltigen Faser sich zu gestalten.

Fig. 365. Zwei Körnerzellen *gr* der rostfarbenen Lage des *Cerebellum* der Katze, senkrechter Longitudinalschnitt. *n* Nervöser Fortsatz, *pr* Dendriten, *th* Theilungen der nervösen Fortsätze in der Molekularschicht und Uebergang derselben in je zwei longitudinale Fäserchen *l*, n^1 nervöse Zellenfortsätze, deren Zellen nicht sichtbar sind (*Golgi*, starke Vergrösserung).

4. In gewissen Fällen giebt eine multipolare Zelle zwei, drei und noch mehr Nervenfaserfortsätze ab, wie gewisse Zellen der äussersten Lagen des Hirns des Kaninchens und des *Lobus opticus* und Markes des Hühnchens (*Ramón y Cajal*).

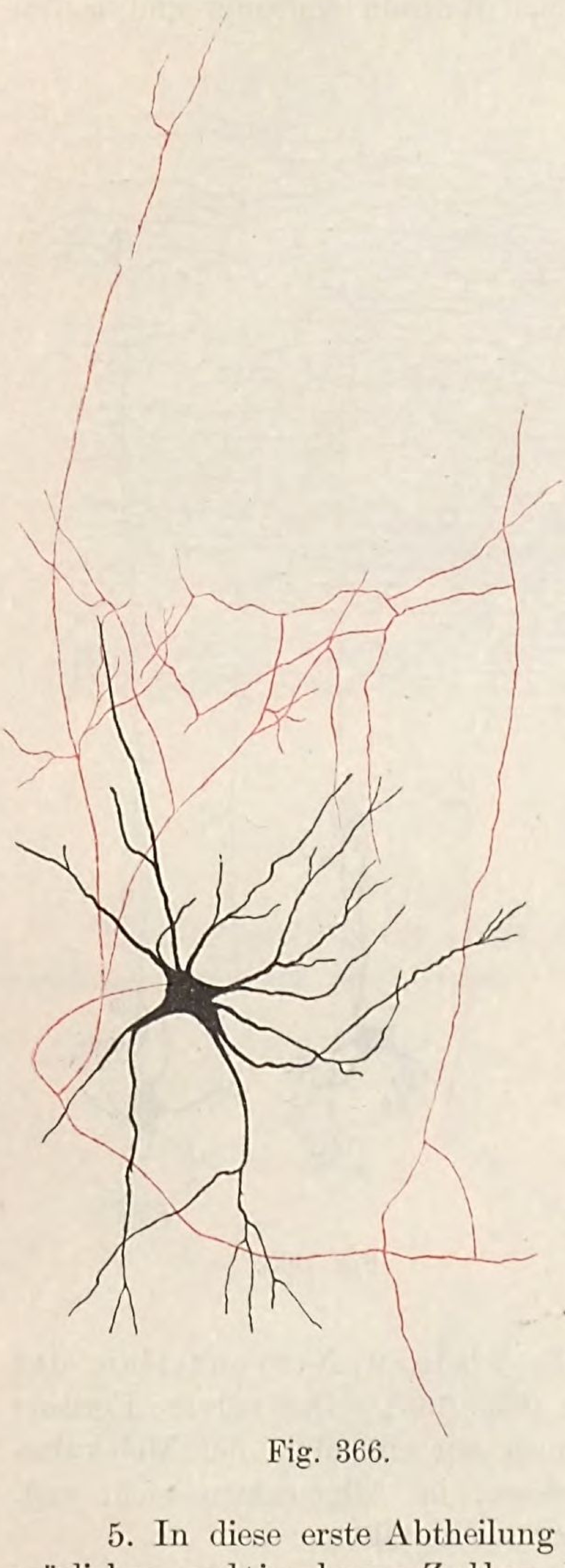


Fig. 366.

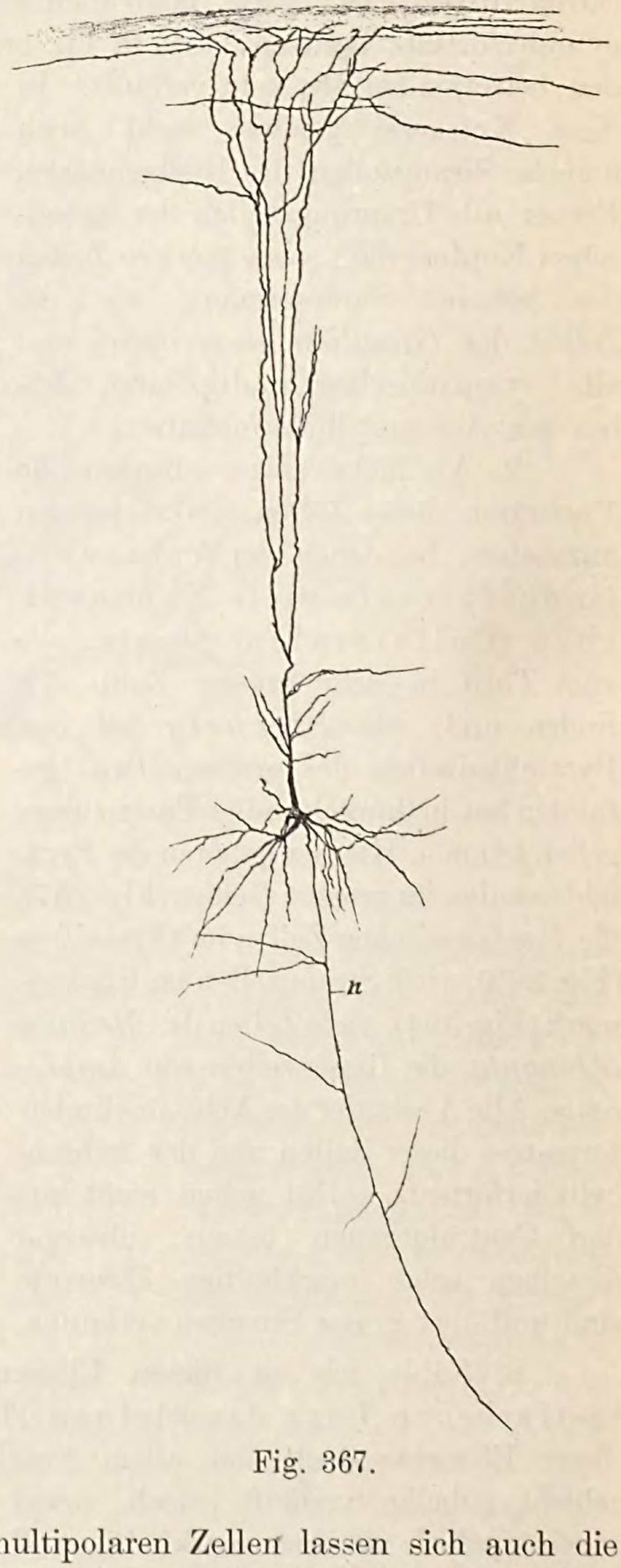


Fig. 367.

5. In diese erste Abtheilung der multipolaren Zellen lassen sich auch die spärlichen multipolaren Zellen der Crustaceen einreihen, die neben einem

Fig. 366. Nervenzelle vom II. Typus aus dem Dorsalhorne eines Schweinsembryo von 17 cm mit reich verästeltem Fortsatze (*Golgi*, starke Vergr.).

Fig. 367. Pyramidenzelle aus dem Grosshirn eines Kätzchens von 1 Tage. *n* Nervöser Fortsatz mit Seitenästchen. Die Dendriten reichen bis zur Oberfläche des Gehirns, wo dieselben horizontal umbiegen (*Golgi*, stärkere Vergr.).

Nervenfaserfortsatz mit Seitenästchen auch vom Zellenkörper aus verästelte Ausläufer abgeben (*Retzius*, Biol. Unters. I Taf. VIII, X und XI).

II. Zellen mit nervösen Fortsätzen, Neuropodien, die nicht in selbständige Nervenfasern übergehen, oder Zellen des II. Typus von *Golgi*.

Zu diesen Zellen gehören:

1. Gewisse Zellen der *Medulla spinalis* und des Gehirns, deren Entdeckung wir *Golgi* verdanken, von denen die Figg. 366 und 368 eine gute Vorstellung geben. Diese Zellen besitzen neben reichverästelten Protoplasmafortsätzen einen einzigen nervösen Fortsatz, der mehr weniger reich, oft mit ungemein vielen Ausläufern innerhalb der grauen Substanz sich verästelt und höchstwahrscheinlich mit freien Enden ausläuft. Möglicherweise zählen auch manche Zellen der Netzhaut, die bipolaren Zellen und viele Spongioblasten, hierher.

2. Eine fernere eigenthümliche Zellenform, die sich nirgends anders unterbringen lässt, sind diejenigen Zellen der Molekularlage des *Cerebellum*, die mit ihren nervösen Ausläufern die Körper der *Purkinje*'schen Zellen umstricken und wie Körbe um dieselben bilden, während ihre anderen Ausläufer einfach wie Protoplasmafortsätze sich verhalten (s. beim Kleinen Hirn).

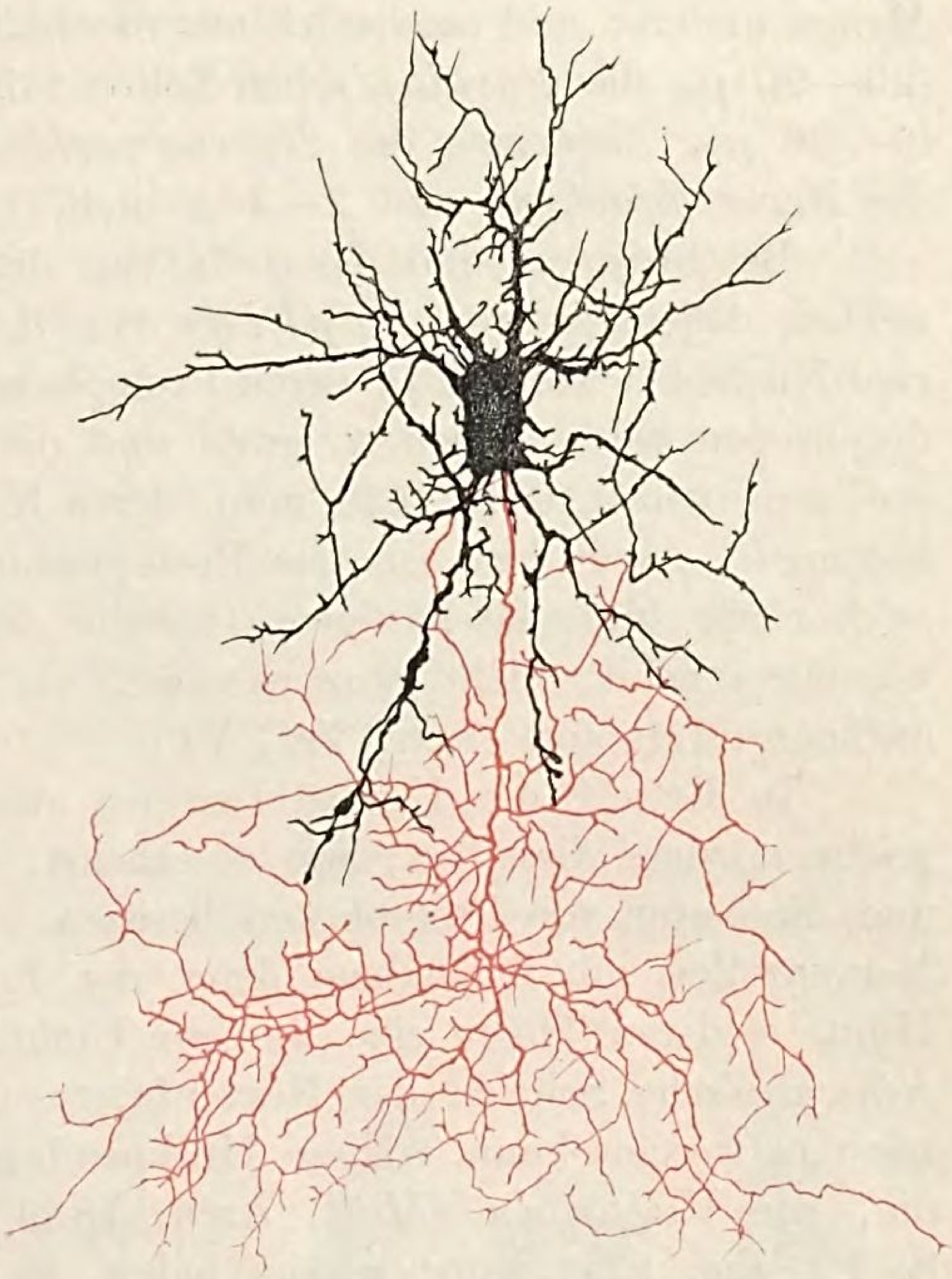


Fig. 368.

Gehen wir nun nach Schilderung der Hauptformen der Nervenbäumchen zu einer genaueren Betrachtung ihrer einzelnen Bestandtheile über, soweit dieselben nicht bereits in den §§ 119 und 120 geschildert wurden und beginnen wir mit dem wichtigsten Theile derselben, dem Zellenkörper, so ergiebt sich mit Bezug auf die Form eine grosse Mannigfaltigkeit. Die Kugelgestalt oder Birnform als primitivste Form findet sich erhalten vor allem bei den cerebrospinalen Ganglien der höheren Wirbelthiere und den unipolaren Zellen der Wirbellosen, während in allen Fällen, in denen die Zellen zwei Neuraxonen abgeben, wie in den cerebrospinalen Ganglien der Fische, im *Nervus cochleae* und *vestibuli*, bei den Nervenzellen der *N. olfactorii* und der sensiblen Haut-

Fig. 368. Grosse Zelle des II. Typus von *Golgi* aus der Körnerschicht des *Cerebellum* der Katze mit roth dargestelltem nervösem Fortsatze (*Golgi*). Starke Vergr.

nerven der Wirbellosen, die Zellen meist spindelförmig sind. Zellen mit vielen Fortsätzen sind meist vieleckig, doch giebt es auch hier Ausnahmen, wie bei den nahezu runden multipolaren Zellen des *Sympathicus*, den *Purkinje*'schen Zellen, gewissen Zellen des Ammonshornes, den kleinen Zellen der rostfarbenen Lage des kleinen Hirns, und ist ferner die Gestalt auch der vieleckigen Zellen sehr wechselnd, dreieckig, spindelförmig, langgezogen vieleckig.

Wie die Form wechselt auch die Grösse. Die kleinsten Nervenzellen sind die der rostfarbenen Cerebellumlage mit 4—9 μ, die grössten die motorischen Zellen des Markes, die von 67—135 μ betragen. Dazwischen liegen eine Menge anderer und mache ich nur namhaft die Zellen der Cerebrospinalganglien (26—90 μ), die *Purkinje*'schen Zellen (35—67 μ), die des *Ganglion n. optici* (9—36 μ), diejenigen des *Nervus cochleae* (24—35 μ). Die Ursprungszellen der *Nervi olfactorii* sind 2—4 μ breit, 110 (Schaf)—150 μ (Kaninchen) lang.

Bei Thieren sind die grössten durch *Fritsch* beschriebenen Nervenzellen diejenigen von *Lophius* von 0,13—0,15 mm mit Kernen von 70 μ und Nucleolen von 35 μ, deren Protoplasma sogar oft von einzelnen Kapillaren durchzogen wird. Eben so gross sind die zwei elektrischen Zellen des Zitterwelses (von 0,10 zu 0,20 mm), deren Kerne 60 μ und Kernkörperchen 10 μ betragen. Auch hier ist das Protoplasma der Zelle in seiner Peripherie von reichlichem blutgefässhaltigem Gewebe durchzogen, welche Theile *Fritsch*, wie mir scheint, nicht ganz passend, als anastomosirende Protoplasmafortsätze auffasst (Malapter. electr. Taf. V).

In Betreff der Umhüllungen der Nervenzellen ist als sicher zu bezeichnen, dass dieselben, wie es scheint, überall einer Zellmembran entbehren und die Natur von Protoblasten besitzen. Dagegen kommt allen peripherischen Nervenzellen mit Ausnahme derer der Retina, der Riechschleimhaut und der Haut niederer Thiere eine äussere Umhüllung zu, die, weil dieselbe in die *Schwann*'sche Scheide der Nervenfasern übergeht, mit demselben Namen bezeichnet werden kann. Diese Hüllmembran ist eine zarte, kerntragende Haut, die, wie *Valentin* (*Müll.* Arch. 1839 S. 243) und *ich* (Mikr. Anat. II, S. 506 Fig. 154) zuerst gezeigt haben, in vielen Fällen in kleine endothelartige Zellen zerfällt (Fig. 369), deren Grenzen nach *Eberth* durch Silber sehr deutlich werden (siehe auch *Fräntzel* in *Virch.* Arch. 1867). Bei den Fischen besitzt diese Umhüllung keine Kerne, hängt jedoch ebenfalls mit der *Schwann*'schen Scheide der Nervenfasern zusammen. Ausser dieser Scheide kommt nach *Ranvier* den Ganglienzellen der Plagiostomen noch eine „sekundäre" Umhüllung zu (Traité techn. Fig. 348), die offenbar dem sich vergleichen lässt, was oben bei den Nervenfasern *Henle*'sche Scheide genannt wurde und als innerster Theil der bindegewebigen Hülle anzusehen ist.

Bei den centralen Zellen fehlt eine besondere Umhüllung und besitzen dieselben als Begrenzung nur das Gewebe der grauen Substanz, das in wechselnder Menge aus Nervenfasern, Gliazellen und Gefässen besteht. Diese Umhüllung bietet aber doch eine gewisse Festigkeit dar, was daraus erschlossen werden kann, dass an nicht frischen Gehirnen die geschrumpften Zellenkörper der Pyramidenzellen einem guten Theil nach von einem mit Flüssigkeit erfüllten Hohlraume umgeben sind und als sogenannte „Blasenzellen" erscheinen. In etwas anderer Weise wirkt die Schrumpfung auf die Zellen der Ganglien. Diese er-

füllen normal den Raum ihrer *Schwann*'schen Scheide ganz genau. Schrumpft nun ein solcher Nervenkörper, so zieht sich derselbe oft so zusammen, dass er mit einzelnen Theilen an der Scheide haften bleibt, mit andern von derselben sich abhebt und Flüssigkeit an die Stelle tritt. So entstehen dann die zackigen, sternförmigen, wie von einem Kranz von Vacuolen umgebenen Nervenkörper, die oft schon für multipolare gehalten wurden. In gewissen Fällen bildet sich übrigens auch in Ganglien ein einfacher oder mehrere grössere blasige Räume um den Zellenkörper.

Der Körper der Nervenzellen besteht aus einer weichen, aber zähen, elastischen Masse, die, abgesehen von dem Zellenkerne, aus zwei Theilen besteht, erstens aus einer hellen, gleichartigen, leicht gelblichen oder farblosen Grundmasse, welche die physikalischen Eigenschaften der Nervenkörper bedingt und wesentlich aus Eiweissverbindungen besteht, und zweitens aus feinen Körnchen verschiedener Art. In den ungefärbten Nervenzellen sind dieselben in Gestalt gleichmässig grosser, rundlicher, meist sehr feiner und blasser, seltener dunklerer und grösserer Körperchen durch den ganzen Inhalt verbreitet, während in den gefärbten Zellen der Ganglien, des Markes, des *Locus coeruleus*, der *Subst. nigra* der Hirnstiele, statt ihrer mehr weniger gelbliche oder braune und selbst ganz schwarze Körperchen sich finden (Fig. 370, 371). Diese sind meist grösser und liegen gewöhnlich an einer Stelle der Zelle in der Nähe des Kernes in einem Klumpen dicht beisammen; andere Male erfüllen sie die gesammte Zelle nahezu ganz und geben ihr das Aussehen einer braunen oder schwarzen Pigmentzelle.

Schon seit Langem ist durch *Remak* zuerst (*Müll.* Archiv 1844) auf einen faserigen Bau des Inhaltes gewisser Nervenzellen aufmerksam gemacht worden, den später bei Wirbellosen besonders *Walter* und *Leydig*, bei Wirbelthieren *Beale*, *M. Schultze*, *Frommann*, *Deiters* und *ich* verfolgten (Fig. 362). Diese Faserungen, die vor allem an den multipolaren Zellen des Markes vorkommen und in Gestalt parallel faseriger Züge, die von den Fortsätzen aus in die Zelle ausstrahlen, zum Theil auch als konzentrische Faserungen sich finden, sieht man am besten nach Einwirkung dünner Chromsäure und von chromsaurem Kali (*Remak, ich*), nach verdünnter Essigsäure (*Beale*), ganz frisch in Serum und in Ueberosmiumsäure (*M. Schultze*), in Methylenblau (*Kronthal*). Nach den Untersuchungen von *M. Schultze*, mit denen meine Erfahrungen stimmen, müssen diese Fibrillen als von den oben erwähnten Körnern verschieden



Fig. 369.

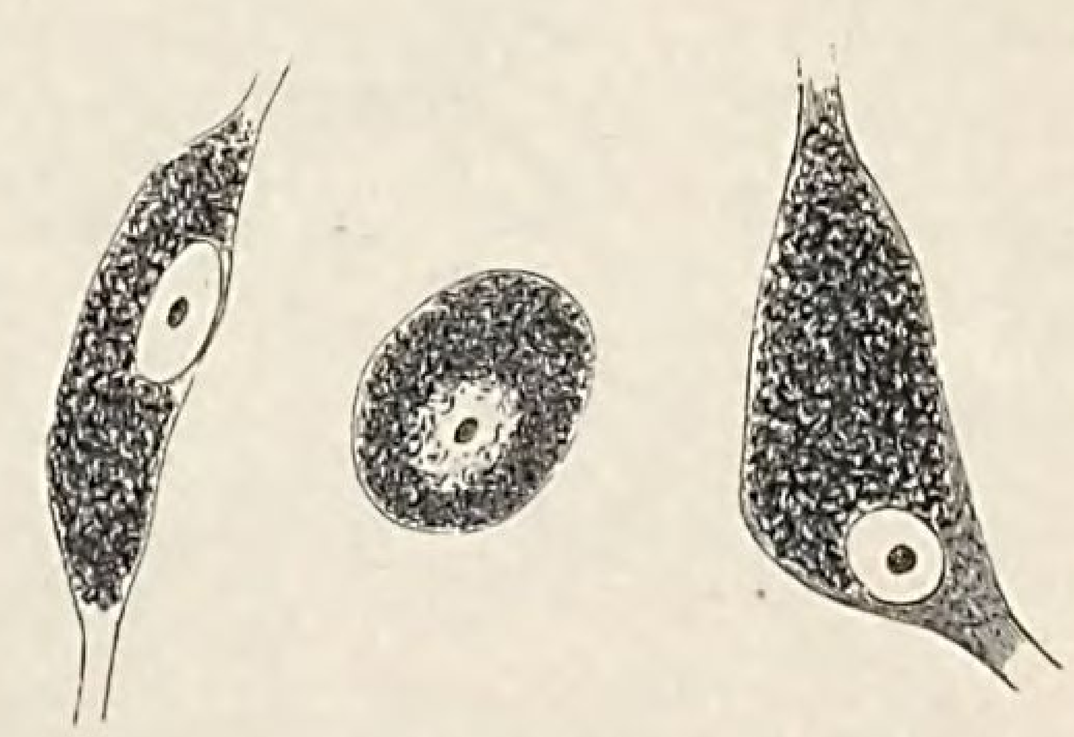


Fig. 370.

Fig. 369. Zellen aus der Scheide der Ganglienkugeln der Spinalknoten des Menschen, 350mal vergr.

Fig. 370. Nervenzelle der *Substantia nigra* der Hirnstiele des Menschen, 350mal vergr.

angesehen werden und würden die letzteren mit der gleichartigen Grundsubstanz zusammen dem Neuroplasma der Achsencylinder, die Fibrillen dagegen den Achsenfibrillen zu vergleichen sein. In physiologischer Beziehung verdient wohl alle Beachtung, 1. dass der fibrilläre Bau auch auf die Dendriten übergeht, 2. dass alle Fäserchen der Fortsätze radiär gegen den Zellenkern zusammenlaufen, ohne Andeutungen von Anastomosen zu bilden und 3. dass um den Kern herum nicht selten konzentrische Streifungen sich finden (*M. Schultze* in *Stricker* Fig. 20). Es gewinnt so den Anschein, als ob die Dendriten Eindrücke zum Kern leiteten und von diesem aus die Achsenfibrillen angeregt würden.

Eine weitere Unterstützung findet die eben angedeutete physiologische Auffassung dadurch, dass nicht alle Nervenzellen denselben Bau darbieten, den die

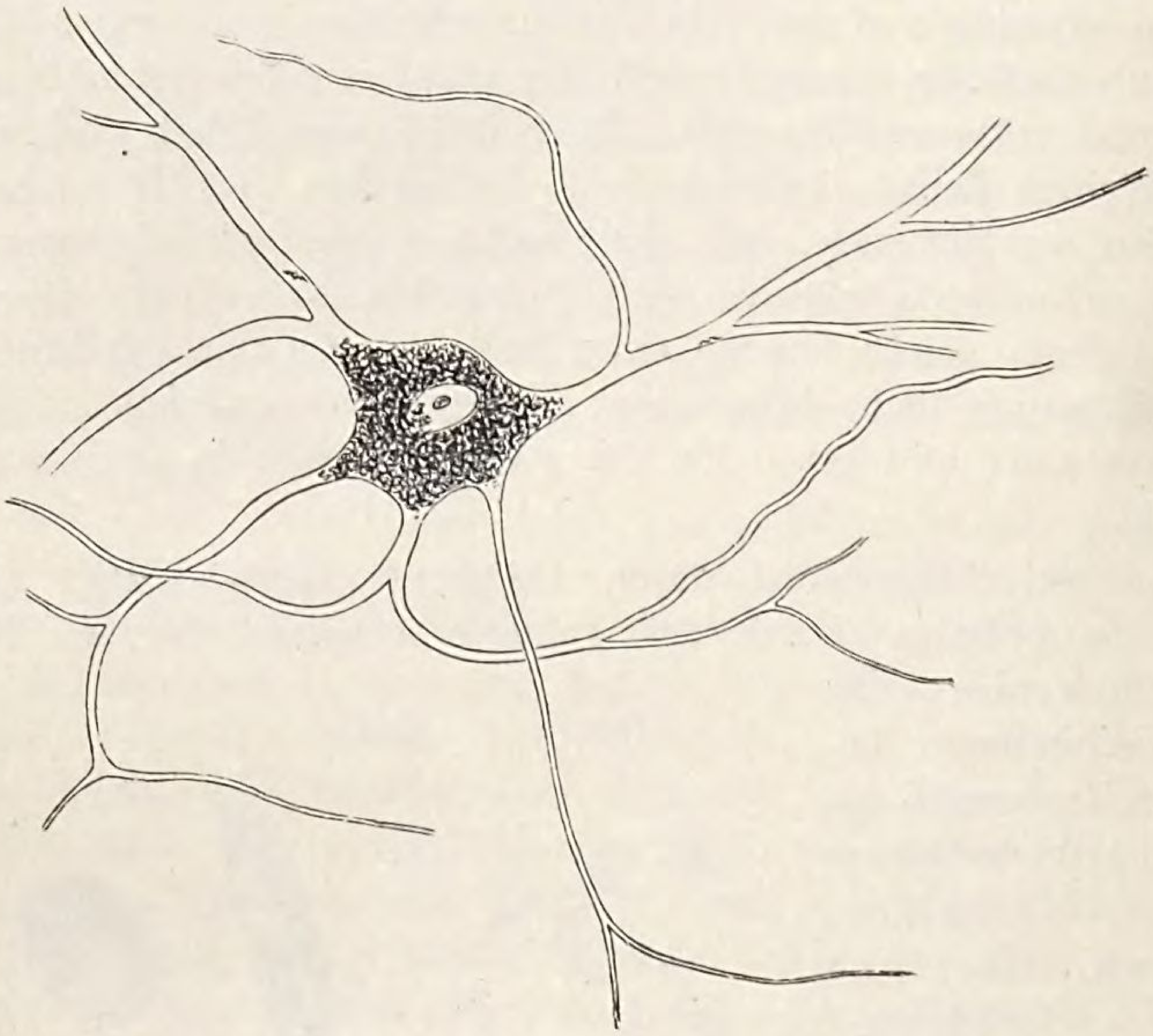


Fig. 371.

multipolaren Zellen des Rückenmarkes zeigen. Nach den sorgfältigen Untersuchungen von *Flemming* nämlich (Festschr. für *Henle*) zeigen die Zellen der Spinalganglien keinen parallel faserigen Bau, sondern ausser den Körnchen und der Zwischensubstanz feine, dichte, gewundene Fäden, von denen sich nicht bestimmen liess, ob sie Netze bilden oder selbständige, längere oder kürzere Bildungen darstellen. Aus dem Mangel eines parallel faserigen Baues, wie ihn die multipolaren Markzellen besitzen, leitet *Flemming* gewiss mit Recht den Schluss ab, dass die Zellen der Spinalganglien nicht in derselben Weise physiologische Centren oder Leitungsorgane seien, wie jene, sondern wohl

Fig. 371. Nervenzelle der *Substantia ferruginea* am Boden der Rautengrube, vom Menschen, 350mal vergr.

eher der Ernährung und Erhaltung der sensiblen Wurzelfasern dienen. Eine erfreuliche Verstärkung würde diese Hypothese erhalten, wenn sich nachweisen liesse, dass auch alle multipolaren Zellen des Gehirns und *Sympathicus*, die offenbar als Leitungsapparate und Centren wirken, ebenfalls einen parallel faserigen Bau besitzen.

Die Kerne der Nervenzellen von 3,4—18 μ Grösse liegen meist in der Mitte der Zellen und sind sehr klar vortretende kugelrunde Bläschen mit deutlicher Membran, ganz hellem flüssigem Inhalte und einem 3—7 μ grossen Nucleolus, neben dem noch ein oder mehrere Nebennucleolen vorkommen können. In der Regel enthalten die Nervenzellen nur Einen Kern, doch hat *Remak* (Observat. Taf. II Fig. 14) schon vor langer Zeit beobachtet, dass im *Sympathicus* erwachsener Kaninchen Zellen mit zwei Kernen vorkommen. *Schwalbe* fand solche dann auch beim Meerschweinchen und bemerkt in Betreff des Kaninchens, dass bei erwachsenen Geschöpfen nur zweikernige Zellen vorkommen (*M. Schultze*'s Archiv 1868 Taf. IV Fig. 10, 11, 12) mit Ausnahme einiger weniger einkerniger bipolarer Zellen im Grenzstrange (l. c. Fig. 13), wogegen bei jungen Thieren auch zahlreiche einkernige sich finden. Die zweikernigen Zellen bestätigen für das Kaninchen *Gaye* (Med. Centrbl. 1868), *Ranvier* (Traité Fig. 345, 346), *S. Mayer* (*Stricker* Bd. II), welcher auch an sympathischen Zellen vom Hunde, der Katze, des Menschen und Frosches mehrfach doppelte Kerne wahrnahm. Ich selbst habe auch schon seit Langem (Gewebelehre 4. Aufl. 1863 S. 292) Zellen mit mehrfachen Kernen bei jungen Thieren als häufig vorkommend bezeichnet.

Mit Bezug auf die feinere Zusammensetzung der Kerne der Nervenzellen hat *Flemming* nachgewiesen, dass dieselben, ebenso wie andere Kerne, aus einem Gerüst oder Netzwerk bestehen, das chromatische Substanz trägt und aus einer weichen und flüssigen Zwischensubstanz, dem Karyoplasma. Sehr chromatinreich ist der Nucleolus und ebenso ist auch die Kernmembran, die *Flemming*, wie ich schon seit Langem, ebenfalls annimmt, chromatisch (*Flemming* in Festschr. f. *Henle* Taf. II). Im Ganzen genommen ist aber doch der Kerninhalt der Nervenzellen arm an Nuclein, wofür auch die Untersuchungen von *Witkowski* sprechen, der jedoch bei Embryonen diese Kerne stark nucleinhaltig fand (Arch. f. Psych. 1882. XIII).

M. Flesch (Ueber die Verschiedenheiten im chemischen Verhalten der Nervenzellen 1888) glaubt gefunden zu haben, dass die Nervenzellen der Ganglien, des Rückenmarkes und verlängerten Markes und wahrscheinlich auch die des Gehirns in ihrem Verhalten gegen Farbstoffe ein gesetzmässiges Verhalten zeigen, welches von chemischen Verschiedenheiten derselben abhänge, die theils auf Unterschiede in der Entwicklung, theils auf solche des Stoffwechsels oder der Funktion schliessen lassen. Die einen Zellen sind leicht färbbar (chromophile Zellen), die andern gar nicht (chromophobe Zellen), zwischen denen Mittelformen sich finden. — Soweit ich diese Angelegenheit zu beurtheilen im Stande bin, möchte ich glauben, dass es sich wohl der Mühe lohnt, dieselbe im Sinne von *Flesch* weiter zu verfolgen. Immerhin erlaube ich mir zu bemerken, dass nach meinen Erfahrungen der verschiedene Grad der Schrumpfung der Zellen sehr bedeutend auf die Färbung derselben einwirkt, in der Weise, dass stark geschrumpfte Zellen stets dunkler sind als andere. Ferner ergiebt eine Vergleichung von gefärbten Serienschnitten der *Medulla oblongata* und des *Cerebellum* oft ein sehr verschiedenes Verhalten der Nervenkerne der rechten und linken Seite, so dass z. B. der eine *Deiters*sche Kern Eines Schnittes oder der *N. dentatus cerebelli* u. s. w. chromophile, der andere chromophobe Zellen zeigt.

In dem Bisherigen war nur von dem Zellenkörper der Nervenbäumchen die Rede. Nun sind aber auch noch die Ausläufer derselben zu betrachten. Soweit dieselben aus markhaltigen und marklosen Nervenfasern bestehen, sind dieselben schon in den §§ 119 und 120 geschildert worden und bleibt somit nur noch die speziellere Beschreibung der Dendriten und der Neuraxonen des II. Typus übrig.

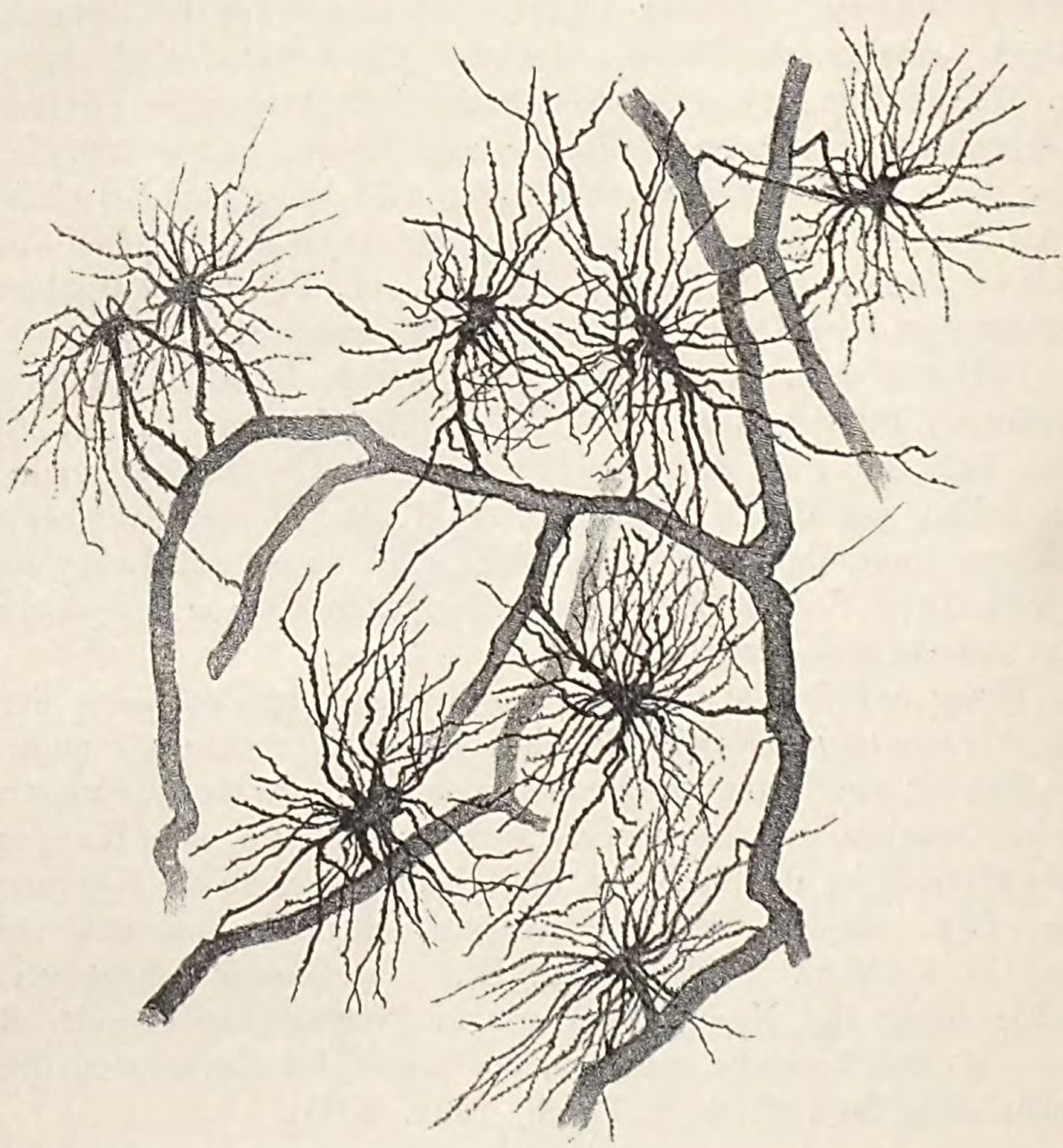


Fig. 372.

Was erstens die Form und Zahl der Dendriten, sowie die Länge derselben anlangt, so sind diese Verhältnisse so mannigfach wechselnd, dass es schwer hält, etwas Allgemeines über dieselben zu sagen. Die Länge einmal beträgt als das eine Extrem bei den kleinen Körnerzellen des Cerebellum 10—40 μ, während auf der anderen Seite die Dendriten der *Purkinje*'schen Zellen in ihrer Länge der Dicke der molekulären Lage des Cerebellum gleichkommen, diejenigen der Pyramidenzellen im Grosshirn z. Th. die Hälfte oder

Fig. 372. Gliazellen aus dem Grosshirn des Kaninchens, die verschiedentlich an die Gefässe sich ansetzen, Färbung nach *Golgi*. Starke Vergr.

zwei Drittheile der Dicke der grauen Rinde durchlaufen und die Riesenpyramiden des Ammonshornes mit ihren längeren Dendriten wohl der Dicke von zwei Drittheilen der grauen Lage desselben gleichstehen. Die Zahl der Dendriten ist auch sehr verschieden. Es giebt Zellen mit nur einem einzigen oder zwei Dendriten, wie die *Purkinje*'schen Zellen, gewisse Zellen der Hinterhörner des Markes, des Ammonshornes, der äussersten Rindenlage des grossen Hirnes, und wieder andere, die 5—7 und mehr solche besitzen und dazwischen Mittelformen. Manchmal gehen die Stämme dieser Dendriten nach allen Seiten ab, wie im *Sympathicus*, im Mark (Vorderhorn), den Oliven u. s. w., andere Male nur nach einer Seite (*Purkinje*'sche Zellen, Zellen der *Fascia dentata*) oder nach zwei Seiten (grosse Zellen des Ammonshornes). In noch anderen Fällen, wie bei den Grosshirnpyramiden, findet sich ein Hauptfortsatz an der Spitze einer dreieckigen Zelle und zahlreiche andere an allen Theilen der Basis.

Sehr wechselnd ist endlich auch der Grad und Reichthum der Aeste der Dendriten. Die einfachsten Formen zeigen wiederum die Körnerzellen des Cerebellum, die nur 3—5 kurze, wenig getheilte Aestchen haben, dann folgen die Zellen der *Fascia dentata* und die kleinen Zellen der Molekularlage des Cerebellum. Die reichsten Verzweigungen dagegen besitzen die Pyramidenzellen der Hirnrinde, vor allem die des Ammonshornes, die grossen Zellen des *Bulbus olfactorius* und die allerzahlreichsten die *Purkinje*'schen Zellen.

Zwei Punkte sind in Betreff des Verläufes und des Endes der Dendriten noch nicht hinreichend ermittelt, 1. ob die Aeste derselben Anastomosen eingehen und 2. wie dieselben enden. Ersteres anlangend so wollen einige wenige Neuere (*Masius*, Arch. d. Biol. 1892) Verbindungen der Zweige der Dendriten einer und derselben und selbst verschiedener Zellen wahrgenommen haben, während die grosse Mehrzahl der Beobachter mit *mir*, *Retzius*, *Lenhossek*, *Gehuchten* bekennt, nicht im Stande zu sein, solche Verhältnisse zu finden.

Ad 2 ist die Ansicht von *Golgi* und seiner Schüler hervorzuheben, welche die Dendriten an die Gliazellen und Gefässe sich ansetzen und so enden lassen, wogegen die eben genannten Autoren behaupten, solche Verbindungen nicht gesehen zu haben. Grosse Beachtung verdient in dieser Frage, dass *Golgi* in seinem Hauptwerke keine einzige Abbildung einer solchen Verbindung veröffentlicht hat und dass auch seine Beschreibungen nichts weniger als bestimmt lauten. Auf S. 26 heisst es wörtlich: „An diesem Orte (der *Fascia dentata*, an welcher *Golgi* damals die oberflächliche Lage von Nervenfasern nicht kannte, die dann sein Schüler *Sala* später zugab, nachdem ich dieselbe beschrieben hatte), gewinnt man nicht selten den Eindruck (non di rado si ha altresi l' impressione), dass einige der Protoplasmafortsätze vermittelst einer zarten Verbreiterung sich direkt an die Gefässe ansetzen. Da jedoch im gesammten Verlaufe der Gefässe und in direkter Verbindung mit ihnen eine zusammenhängende und verwickelte Reihe von Bindesubstanzzellen (es sind Gliazellen gemeint) sich finden, ist es schwierig oder unmöglich, zu sagen, ob die erwähnten zarten Verbreiterungen der Protoplasmafortsätze diesen selbst oder den Bindesubstanzzellen angehören, welche den Gefässwandungen selbst angelegt sind.“ Etwas bestimmter drückt sich *Sala* aus, der auch die einzige mir bekannte Abbildung eines Ansatzes eines Protoplasmafortsatzes an eine Gefässwand giebt (Zeitschr. f.

wiss. Zool. Bd. LII Taf. V Fig. 6). Wenn man bedenkt, wie leicht im Ganzen die Verbindungen der Gliazellen mit den Gefässen sich nachweisen lassen (Fig. 372), von welchen auch eine Reihe von Abbildungen vorliegen, unter denen ich nur die von *Golgi* selbst (Contribuz. alla fina anat. dei org. centr. etc. Bologna 1871/72 Fig. 4), von *Marchi* (Sulla fina strutt. d. corp. striati e. talami ottici in Riv. sperim. di freniatria XII 1887 Tav. VIa Fig. IIa, Verbindungen von Ependym- und Gliazellen mit Gefässen), von *Cionini* (Strutt. d. gland. pineale, ebenda Fig. C, Gliazellen und Gefässe), *Petrone* (Gliazellen des N. opticus, Internat. Monatsschr. Bd. V Taf. II Fig. 2) und von *Lavdowsky* (Arch. f. m. Anat. Bd. 38 Taf. XIV Fig. 3, Tab. XV Fig. 6g) namhaft mache, und ferner erwägt, wie oft an *Golgi*'schen Präparaten Gliazellen, Gefässe und Dendriten zusammen gut gefärbt sind und dennoch keine Verbindungen der letzteren mit den beiden ersten sich nachweisen lassen, so muss man doch wohl zur Ueberzeugung kommen, dass die von *Golgi* mehr vermutheten als beobachteten Beziehungen dieser Theile in Wirklichkeit nicht vorkommen und die Dendriten frei enden. In diesem Sinne hat sich auch *Lavdowsky* ausgesprochen (l. c. S. 275).

Den Bau der Dendriten betreffend, so ergeben die stärkeren unter denselben, dass derselbe ganz mit demjenigen des Körpers der Nervenzellen übereinstimmt (Fig. 362). Varicositäten, die an diesen Ausläufern nicht selten vorkommen, sind für Kunstprodukte zu halten und ebenso fasse ich auch den Besatz mit kürzeren und längeren Spitzen auf (Fig. 363), der an *Golgi*'schen Präparaten besonders an den Pyramiden- und *Purkinje*'schen Zellen in mannigfacher Weise zur Anschauung kommt, vor allem aus dem Grunde, weil einmal solche Bildungen ungemein wechselnd sind und auch an versilberten Präparaten oft fehlen und zweitens weil frische, sorgfältig dargestellte Dendriten von solchen Anhängen nie etwas zeigen.

Von den nervösen Fortsätzen der Nervenzellen sind nur noch diejenigen der Zellen von *Golgi*'s II. Typus kurz zu besprechen. Diese Ausläufer (Fig. 366, 368) stimmen, soweit dieselben näher bekannt sind, mit den gewöhnlichen nervösen Fortsätzen überein und ist das einzige Bezeichnende an denselben, dass sie ungemein reich sich verästeln und über einen kleinen Verbreitungsbezirk nicht herausgehen.

Die Umhüllungen der Nervenzellen verdienen noch eine genauere Prüfung namentlich auch mit Bezug auf die Frage, ob denselben auch eine *Henle*'sche Scheide zukomme, welche von *M. v. Lenhossek* in seiner sorgfältigen Arbeit über die Spinalganglien des Frosches (Arch. f. mikr. Anat. Bd. 26) bejahend beantwortet wird. Auch *Ranvier* nimmt in gewissen Fällen (Fische) eine solche Scheide an. Meine eigenen Erfahrungen sprechen eher gegen diese Annahmen und bin ich vor allem, was den Frosch und die höheren Wirbelthiere betrifft, der Meinung, dass die hier vorkommende Hülle in die *Schwann*'sche Scheide übergeht. Auch die sogenannten *Courvoisier*'schen Polarkerne und die „Polplatte" von *v. Lenhossek* rechne ich zu dieser Scheide, betrachte dieselben jedoch nicht gerade als typische Bildungen, sondern als mit mehr aussergewöhnlichen Wucherungen der Zellen der *Schwann*'schen Hülle zusammenhängend. Solche Verdickungen der *Schwann*'schen Zellenhülle, die von Wucherungen der betreffenden Endothelzellen herrühren, sind meinen Erfahrungen zufolge beim Menschen in den sympathischen Ganglien eine sehr häufige Erscheinung und können zu mächtigen Verdickungen der Zellenhülle führen.

Centrales Nervensystem.

§ 122.

Rückenmark. Die nervösen Elemente sind im Rückenmark so vertheilt, dass die äussere weisse Substanz desselben so zu sagen ausschliesslich von Nervenröhren, der graue Kern mit seinen Ausläufern, den Hörnern, dagegen fast zu gleichen Theilen aus Nervenröhren und Nervenzellen gebildet wird. Ausserdem findet sich noch durch das ganze Mark eine bedeutende Menge einer Verbindungssubstanz, dem sogenannten Nervenkitt, Neuroglia oder Glia, als Trägerin der nervösen Elemente und der Gefässe, die später besonders besprochen werden soll.

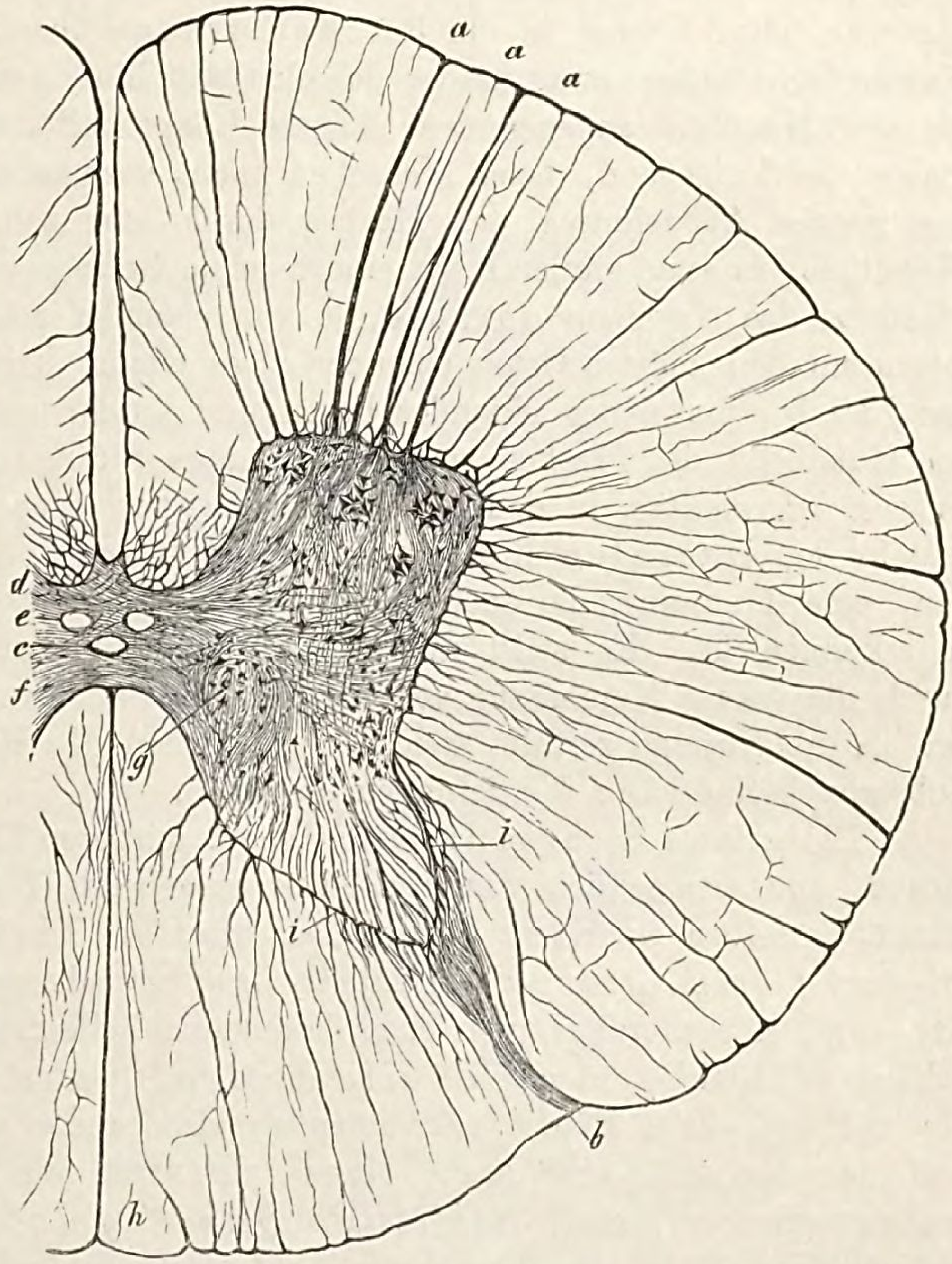


Fig. 373.

Die weisse Substanz des Rückenmarkes kann für die Beschreibung am passendsten in hergebrachter Weise in zwei Hälften und jede derselben in drei Stränge getheilt werden, obschon, was die letzteren anlangt, die Entwicklungsgeschichte unumstösslich beweist (*Bidder* und *Kupffer*, *ich*), dass eigentlich nur zwei Stränge jederseits, Bauch- und Rückenstränge, anzunehmen sind und dass der Seitenstrang grösstentheils zum Bauchstrang gehört. Die Bauchstränge, *Funiculi ventrales*, werden nach innen durch die in der ganzen Länge des Markes

Fig. 373. Querschnitt des unteren Dorsaltheiles des Rückenmarks, 10mal vergr. *a a a* Ventrale Wurzel, *b* dorsale Wurzel, *c* Centralkanal, *d* ventrale Kommissur, *e* zwei Bündel von Längsfasern, in der ventralen Kommissur den Bauchsträngen angehörend, *f* dorsale Kommissur, *g* *Clarke*'sche Säulen oder *Stilling*'scher Kern, *h* *Goll*'sche Keilstränge, *i* *Subst. gelatinosa*. In der weissen Substanz sind nur die strahlenförmigen Züge von Gefässen, Bindesubstanz und z. Th. auch Nervenfasern angegeben.

sich erstreckende *Fissura ventralis*, in welche ein gefässreicher Fortsatz der *Pia mater*, das *Septum ventrale*, sich einsenkt, fast ganz von einander getrennt, hängen jedoch im Grunde der Spalte durch die ventrale oder weisse Kommissur (*d*) unter sich zusammen; seitwärts reichen dieselben bis zur Austrittsstelle der motorischen Wurzeln oder bis zum *Sulcus lateralis ventralis*, hängen jedoch hier unzertrennlich mit den Seitensträngen, *Funiculi laterales*, zusammen, die da, wo der *Sulcus lateralis dorsalis* liegt, in welchen die sensiblen Wurzeln sich einsenken, wiederum ohne Grenze in die Rückenstränge übergehen. Diese, *Funiculi dorsales*, stossen zwar in der dorsalen Mittellinie scheinbar zusammen, indem die von Manchem angenommene dorsale Längsspalte, mit Ausnahme der proximalen Cervicalgegend, beim Menschen nicht vorhanden ist, sind aber doch in der ganzen Ausdehnung des Markes durch sehr zahlreiche, in der dorsalen Mittellinie bis zum grauen Kern eindringende Gefässe und sie begleitende Stützsubstanz, das *Septum dorsale*, so von einander getrennt, dass ihre Nervenfasern an den meisten Orten einander nicht einmal berühren, und wo dies noch der Fall ist, nur neben einander liegen und durchaus nie ineinander übergehen. Im Halstheile des Markes sind die dorsalen Stränge durch eine zarte Furche, *Sulcus intermedius*, in den medialen zarten oder *Goll*'schen Strang (*h*) und in den lateralen Keilstrang oder *Burdach*'schen Strang geschieden, eine Trennung, die auch im Brusttheile des Markes noch ziemlich deutlich zu erkennen ist. Es stellt mithin die weisse Substanz des Markes zwei nur durch die weisse Kommissur vereinte Hälften dar, von denen jede mehr künstlich in drei Stränge zerfällt, welche die zwischen den Hervorragungen der grauen Substanz befindlichen Vertiefungen ausfüllen.

Die graue Substanz besitzt einen mittleren Theil von mehr bandartiger Gestalt und vier seitlich von demselben ausgehende Blätter, so dass der Querschnitt derselben ein Kreuz bildet. Der mittlere Theil oder die graue Kommissur, *Comm. grisea* (*f*) enthält beim Erwachsenen in den meisten Fällen eine enge, röhrenförmige, von einer besonderen Zellenlage, dem *Ependyma*, ausgekleidete Höhlung, den *Canalis centralis med. spinalis* (*c*), als Rest des weiteren, beim Fötus vorkommenden Hohlraumes mit flimmerndem Epithel und um denselben eine graue Masse, den von mir früher sogenannten centralen grauen Kern, *Stilling*'s *Subst. gelatinosa centralis*, den ich mit *Virchow* zum Ependyma des *Canalis centralis* zähle und centralen Ependymfaden nenne. An der Bauch- und Rückenseite dieses Fadens finden sich querlaufende Nervenfasern, welche die *Commissura grisea s. dorsalis* darstellen. Von den grauen Blättern, auf dem Querschnitte auch Hörner, *Cornua*, genannt, zeigen die ventralen, gleichmässig grauen, kürzeren und dickeren *Laminae griseae ventrales*, s. *Cornua ventralia*, im distalen Halsmarke und im angrenzenden Brustmarke einen seitlichen Ausläufer, das Seitenhorn, *Cornu laterale*. Die dorsalen, längeren und schlankeren Hörner, *Laminae* s. *Cornua dorsalia*, sind in ihrem grösseren Abschnitte ebenfalls grau, am dorsalen Rande dagegen mehr weniger weit, von einer helleren Schicht, der *Substantia gelatinosa* (*Rolandoi*) bekleidet (*i*). An ihrer Ausgangsstelle erscheinen die dorsalen Hörner mehr weniger verschmälert, verbreitern sich dann im weiteren Verlaufe und enden mehr zugespitzt, was durch

die Namen Cervix, Caput, Apex, Hals, Kopf und Spitze oder Scheitel ausgedrückt wird. Von den Wurzeln der Rückenmarknerven dringen die ventralen oder motorischen zwischen den ventralen und seitlichen Strängen gerade auf die ventralen Hörner ein, und die dorsalen oder sensiblen Wurzeln treten zwischen den seitlichen und dorsalen Strängen durch, theils in die *Subst. gelatinosa*, theils in die Dorsalstränge ein.

§ 123.

Den Bau des Markes im Allgemeinen anlangend, so sind in der weissen Substanz zu unterscheiden: 1. wagerechte, 2. der Länge nach verlaufende und 3. schiefe Nervenfasern.

Die Längsfasern sind mit Ausnahme der Kommissuren und den Gegenden der durchtretenden Wurzelfasern in der weissen Substanz vorwiegend und einem guten Theil nach unvermischt mit horizontalen Fasern. An der Oberfläche des Markes verlaufen dieselben alle einander gleich, während sie in den tieferen, besonders den an die graue Substanz angrenzenden Theilen, untereinander sich verflechten oder feinere Bündel bilden. Dieselben nehmen im Allgemeinen, d. h. in den langen Bahnen (siehe unten), caudalwärts an Zahl ab, indem sie, wie später gezeigt werden soll, nach und nach von innen her in die graue Substanz eintreten und zeigen die allgemeinen Eigenschaften der centralen Nervenröhren, d. h. Mangel der Scheiden, Geneigtheit zur Bildung von Varicositäten und zum Zerfall in einzelne Bruchstücke. Ihr Durchmesser beträgt von 2,4—10, selbst bis zu 13—18 μ, im Mittel 4,5—6,7 μ und finden sich diese Grössen im Allgemeinen so vertheilt, dass 1. die Dorsalstränge und dorsalen Theile der Seitenstränge feinere Fasern führen als die übrigen Theile und 2. in jedem Strange die feinen Fasern im Ganzen mehr die tiefsten Theile desselben einnehmen.

Die wagerechten und schiefen Fasern der weissen Substanz des Markes finden sich 1. in allen Strängen und zwar so, dass ihre Zahl in den Gegenden, die an die Hörner der grauen Substanz anstossen, am bedeutendsten ist; 2. in der weissen Kommissur und 3. an den Eintrittsstellen der Nervenwurzeln. Die weisse oder ventrale Kommissur (Fig. 374*d*) ist z. Th. eine Kommissur im gewöhnlichen Sinne des Wortes, z. Th. scheinbar eine Kreuzung der Vorderstränge. Die Kommissurenfasern laufen meist in wagerechter Richtung quer oder schief am Centralkanale hin, wobei sie z. Th. deutlich sich kreuzen, und strahlen pinselförmig in die graue Substanz in der Richtung gegen die lateralen Stränge, vor allem aber in das ventrale graue Horn, aus, wo wir dieselben wieder finden werden. Die sich kreuzenden Fasern scheinen von den jeweiligen tiefsten Nervenfasern der ventralen Stränge gebildet zu werden, welche, indem sie in schiefem Verlaufe medianwärts sich umbiegen, mit den Kommissurenfasern der anderen Seite sich durchkreuzen und das vom rechten Ventralstrange kommende Bündel in das linke ventrale Horn der grauen Substanz, das vom linken abstammende in das rechte ventrale Horn wagerecht ausstrahlen. Andere Kommissurenfasern stammen aus der grauen Substanz und gehen in Strangfasern der entgegengesetzten Seite über.

Die Dicke der *Comm. alba* ist nicht überall die nämliche, doch richtet sich dieselbe nicht nach der Stärke der austretenden Wurzeln, was zu beweisen scheint, dass die Kommissur keine ventralen Wurzelfasern enthält. Ihre Breite

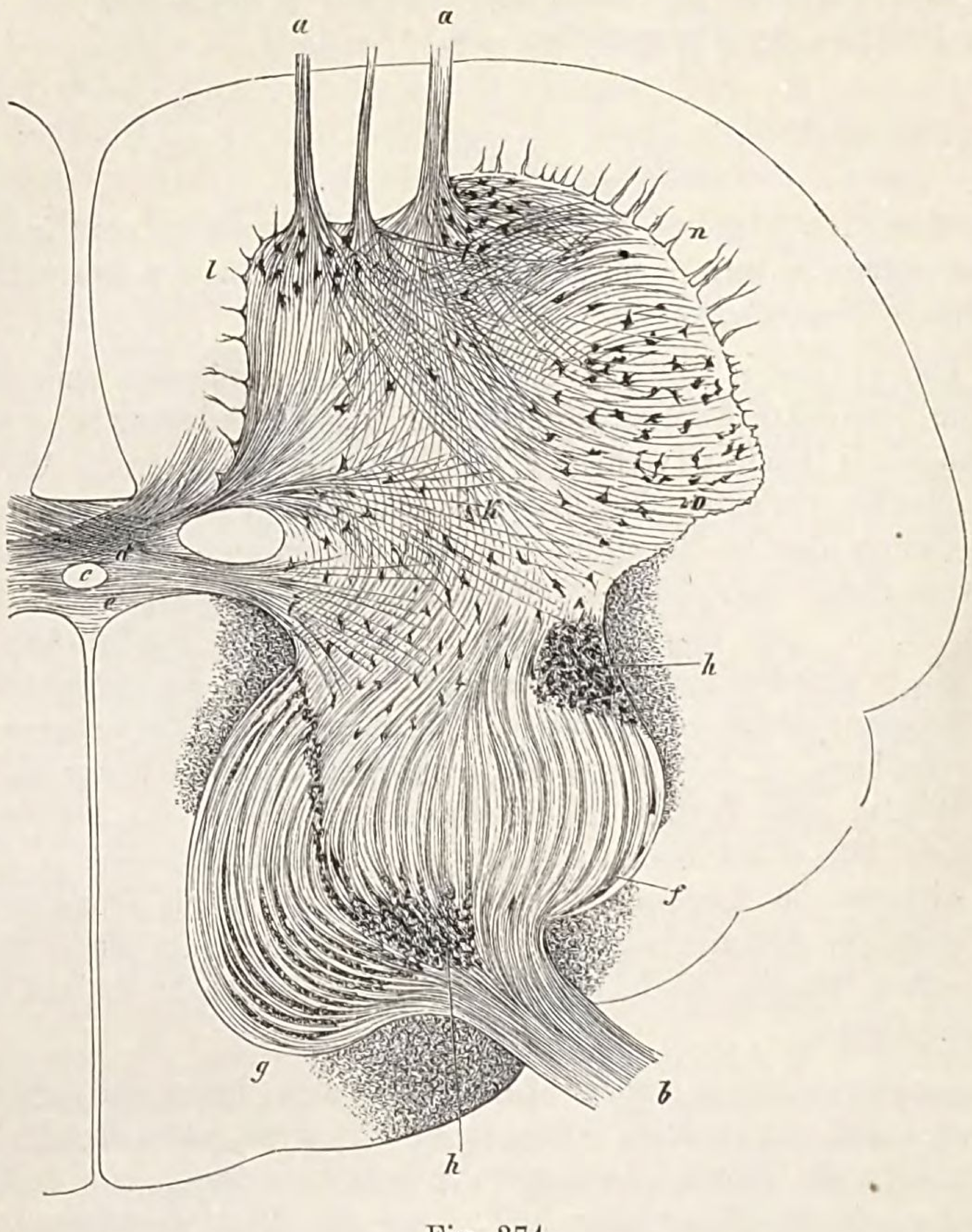


Fig. 374.

wechselt ebenfalls und richtet sich so ziemlich nach der Breite des Markes und des Grundes der ventralen Spalte, ist am stärksten an der Halsanschwellung und nimmt von hier nach beiden Seiten ziemlich gleichmässig ab. Die Fasern

Fig. 374. Querschnitt aus der proximalen Halsgegend des Rückenmarks eines Kindes, etwa 16 mal vergr. *a* Ventrale Wurzel, *b* dorsale Wurzel, *c* Centralkanal, *d Commiss. alba*, *e Commissura grisea*, *f Subst. gelatinosa*, *g* Fasern der dorsalen Wurzel, die durch die dorsalen Stränge treten, *h* Längsbündel, die den dorsalen und seitlichen Strängen angehören, *i* Uebergang eines Theiles der Fasern *g* in die dorsale Kommissur, *k* Uebergang eines andern Theiles dieser Fasern *g* in das Ventralhorn und scheinbarer Zusammenhang mit den motorischen Wurzeln, *l* mediale Zellensäule der Ventralhörner, *m* laterale Zellensäule dieser Hörner, *n* Fasern, die aus den ventralen Theilen des Seitenstranges in das ventrale graue Horn ziehen, *o* scheinbare Einstrahlungen von ventralen Wurzelfasern in den Seitenstrang.

derselben messen 2,4—6,7 μ und nehmen beim Ausstrahlen in die ventralen Hörner zum Theil deutlich an Durchmesser ab.

Die Wurzeln der Spinalnerven (Fig. 374 *a, b*) setzen im Allgemeinen in grösseren Bündeln vom *Sulcus lateralis ventralis* und *dorsalis* aus wagerecht oder schief zwischen den Längsfasern hindurch, die motorischen um scheinbar alle in die ventralen grauen Blätter sich einzusenken, wo wir denselben wieder begegnen werden, während die dorsalen Wurzeln erst in die Dorsalstränge eindringen und in die longitudinalen Elemente derselben sich fortsetzen und erst von hier aus mit gewissen ihrer Ausläufer in die grauen dorsalen Hörner sich einsenken. Die Nervenröhren der Wurzeln (in den hinteren Wurzeln zu $^2/_3$ von

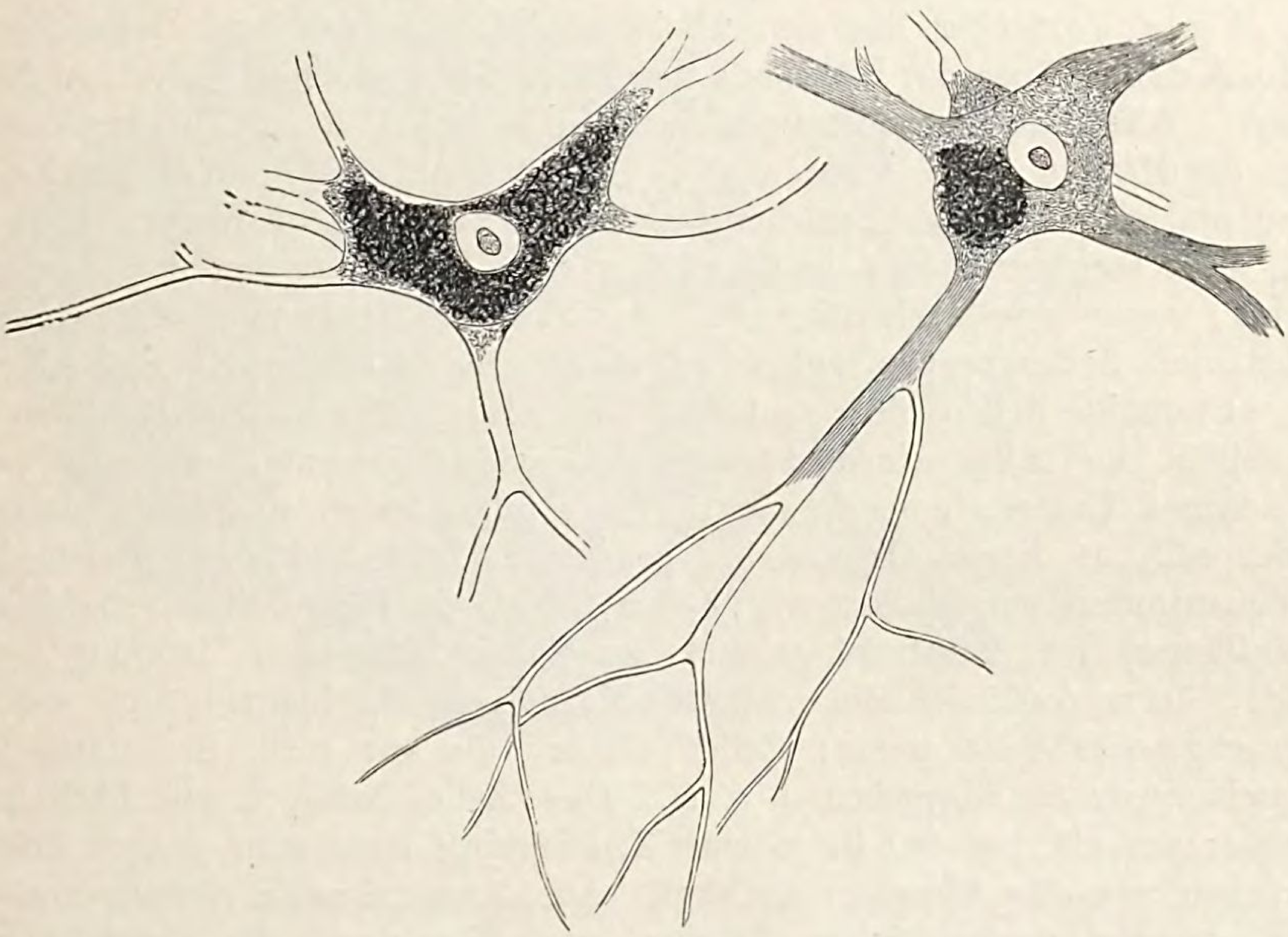


Fig. 375.

9—18 μ, zu $^1/_3$ von 2,4—6,7 μ; in den vorderen zu $^3/_4$ von 13—24 μ, zu $^1/_4$ von 5,6—6,7 μ) besitzen, sowie sie ins Mark eingetreten sind, alle Eigenschaften centraler Fasern und messen die stärkeren anfänglich noch zum Theil 9—13 μ in den sensiblen, bis zu 18 μ in den motorischen Wurzeln, verschmälern sich aber nachweisbar immer mehr, um schliesslich die Ersteren mit kaum mehr als 2,4—6,3 μ Durchmesser, die Letzteren ebenfalls, die meisten nicht stärker als 9 μ (einzelne mit 13 μ) in die graue Substanz zu treten.

In der grauen Substanz verdienen die Nervenzellen und die Nervenröhren eine besondere Besprechung. Die ersteren kommen in sehr verschiedenen Formen vor, stimmen jedoch alle darin überein, dass sie ohne Ausnahme mehrfache Ausläufer haben und zu den sogenannten multipolaren gehören (Fig. 375).

Fig. 375. Grosse Nervenzellen mit Fortsätzen aus den ventralen Hörnern des Rückenmarkes des Menschen, 350mal vergr. An der Zelle rechts sind zwei kurze Fortsätze des Zellkörpers vorhanden, von denen der eine oder andere ein Achsencylinderfortsatz (*Deiters*) gewesen sein kann. Einen ähnlichen Fortsatz zeigt auch die Zelle links.

Dieselben besitzen alle 1. reichverästelte sogenannte Protoplasmafortsätze oder Dendriten, welche auf's feinste sich verästeln und keine Beziehungen zu Nervenfasern erkennen lassen und 2. einen Ausläufer, der bei den einen (den Zellen des I. Typus von *Golgi*) als ein Nervenfaserfortsatz anzusehen ist, bei den anderen (den Zellen des II. Typus von *Golgi*) als ein nervöser Fortsatz (*Golgi*). Bei der grossen Zahl und der im Ganzen wenig regelmässigen Anordnung der Nervenzellen des Markes ist es schwer, dieselben in bestimmte Abtheilungen zu bringen, nichtsdestoweniger ist ein solcher Versuch von älteren und neueren Beobachtern, wie namentlich von *Stilling, Schröder v. d. Kolk, Clarke, Goll, mir* selbst, *Henle, Schwalbe* und vielen anderen unternommen worden. Am eingehendsten sind die neuesten Untersuchungen von *Waldeyer* über das menschliche und Gorillamark und diejenigen von *Otto Kaiser* über das Halsmark des Menschen und einer Reihe von Säugethieren. Alle diese Beobachtungen beziehen sich jedoch nur auf die Vertheilung, die Mengen, die Grösse und z. Th. auch auf die Formen der Nervenzellen und sind in dieser Beziehung sicherlich von grossem Werth, doch darf man nicht vergessen, dass dieselben ihre volle Bedeutung erst dann erlangen werden, wenn wir auch über die physiologische Bedeutung der einzelnen Zellen und Zellengruppen aufgeklärt sind. Das Rückenmark enthält nicht nur motorische Zellen der ventralen Wurzeln und mit der Funktion der Sensibilität im Allgemeinen zusammenhängende Elemente, vielmehr haben die neuesten Untersuchungen, wie in einem folgenden § ausführlich dargelegt werden soll, in diesem Organe eine bedeutende Zahl funktionell verschiedener Zellenkategorien aufgedeckt, wie Zellen, die den Fasern der verschiedenen Abtheilungen der Bauchstränge und der Seitenstränge den Ursprung geben, Zellen, deren Ausläufer die ventrale Kommissur durchlaufen und auf die entgegengesetzte Seite treten, Zellen ferner, die gar nicht in Strang- oder Kommissurenfasern übergehen u. a. m. Diese Zellen kommen zum Theil untereinander gemischt vor und ist es einer Zellengruppe nicht ohne genaue Prüfung anzusehen, was für Elemente sie birgt. Aus diesem Grunde können auch die sicherlich sehr verdienstlichen Arbeiten von *Kaiser*, die physiologischen Beziehungen der einzelnen Zellengruppen oder Kerne zu bestimmten Muskeln und Muskelgruppen einzig und allein aus gröber anatomischen Beziehungen abzuleiten, vorläufig nicht die Bedeutung beanspruchen, die solchen Untersuchungen einmal zuzuerkennen sein wird, wenn dieselben auf breiterer Basis sich aufbauen und auch von unbewiesenen Hypothesen sich fernhalten, als welche ich die auf die Beziehungen der Nervenzellen zu Farbstoffen sich aufbauenden betrachte, die bei *Kaiser* eine nicht berechtigte Rolle spielen.

Nach dem Bemerkten wird man es richtig deuten, wenn ich im Folgenden vor allem im Anschlusse an *Waldeyer* und z. Th. auch an *Kaiser* folgende Nervenzellengruppen im Marke aufstelle.

A. Nervenzellen der ventralen Hörner (Fig. 374, 376).

Hier kann man unterscheiden:

1. Die medialen Zellen, an der lateralen Seite des *Funiculus ventralis* gelegen, erstrecken sich durch die ganze Länge des Rückenmarkes und zerfallen wieder:

a) In die ventralen medialen Zellen, die mehr oberflächlich neben der Mitte des Bauchstranges gelegen sind und in

b) die dorsalen medialen Zellen, die tiefer und zu beiden Seiten der *Commissura alba* ihre Lage haben.

2. Die lateralen Zellen in den lateralen Theilen des ventralen Hornes. Zu diesen Elementen gehört:

a) der Acessoriuskern; sitzt bis zum 5. oder 6. Cervicalnerven ganz oberflächlich und seitlich im ventralen Horn (s. eine Figur bei der *Medulla oblongata*).

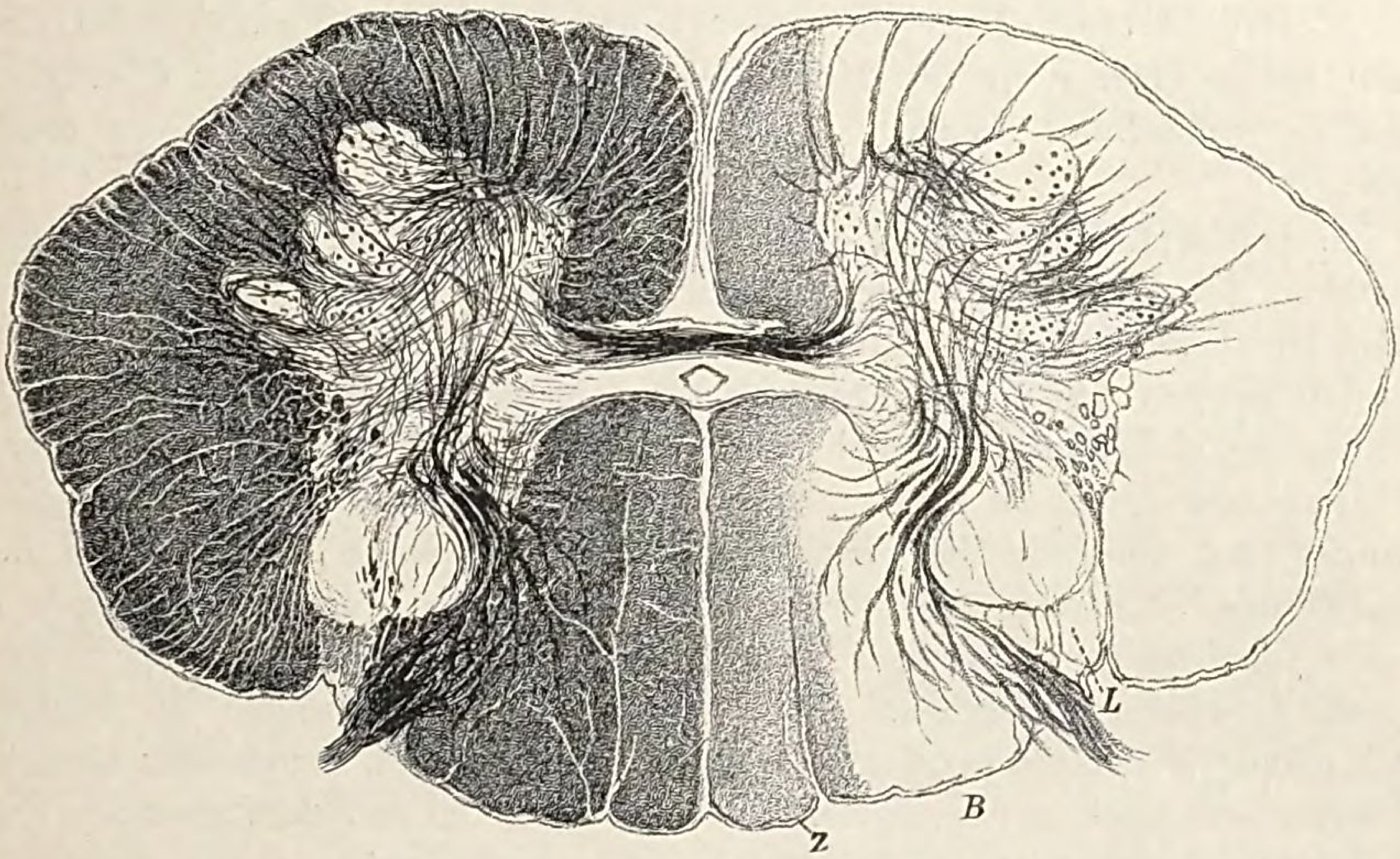


Fig. 376.

b) Der laterale ventrale Kern geht nach *Waldeyer* durch das ganze Mark hindurch und ist im mittleren und proximalen Halsmarke gut ausgebildet. Im mittleren Dorsalmarke sind die beiden lateralen Gruppen nicht zu trennen.

c) Die laterale dorsale Gruppe ist die stärkste und besonders in der Hals- und Lendenanschwellung entwickelt und oft aus mehreren, 2—3 Gruppen zusammengesetzt.

Die Zellen der verschiedenen Abtheilungen der ventralen Hörner, die gewöhnlich als motorische bezeichnet werden, obschon nachweislich (siehe unten) nur ein Theil derselben mit den motorischen Wurzeln zusammenhängt, sind die meisten 67—135 μ gross, mit 11—18 μ grossen Kernen, meist unregelmässig

Fig. 376. Querschnitt des Halsmarkes eines zweijährigen Kindes, nicht ganz 10mal vergr. (*Weigert*, Pr. No. 11). Zellen im ventralen Horne in mindestens 5 Gruppen, mediale ventrale, mediale dorsale, laterale ventrale, laterale dorsale in 3 Gruppen. *L Lissauer*sche Randzone schmal, *B Burdach*'scher Strang, *Z Goll*'scher Strang. Collateralen aus dem dorsalen Strang in das ventrale Horn ungemein entwickelt, ebenso die Seitenstrangcollateralen und die Collateralen der dorsalen Wurzeln in der *Substantia gelatinosa*.

vieleckig, häufig durch Pigmentmoleküle mehr weniger braun gefärbt und mit 2—9 und noch mehr, anfangs häufig 9—11 μ dicken Protoplasmafortsätzen versehen, die bis auf 220—540 μ sich verfolgen lassen und schliesslich in feine Fäserchen auslaufen, die, kaum stärker als 0,5 μ, z. Th. in der grauen Substanz enden, z. Th. aber auch in die weisse Substanz eintreten und hier sich verlieren (siehe unten). Die Zellen der Abtheilung 1 b sind erheblich kleiner (30—50—80 μ) und gehören auch die meisten nicht den motorischen Wurzeln an.

B. Nervenzellen der dorsalen Hörner und der Mittelzone beider Hörner (Fig. 375, 376).

Hier finden wir:

1. Die Mittelzellen und zerstreuten Zellen (*Waldeyer*) im Grenzgebiete beider Hörner in der Höhe des Centralkanales und der *Clarke*'schen Säulen in wechselnder Menge. Diese Zellen sind multipolar und von mittlerer Grösse.

2. Die *Stilling*'schen Zellen oder *Clarke*'schen Säulen. Im ganzen Brusttheile des Markes von der distalen Hälfte der Halsanschwellung bis zum zweiten Drittheile der Lendenanschwellung findet sich an der lateralen Seite der ventralen Spitzen der dorsalen Stränge ein sehr deutlich abgegrenzter, auf Querschnitten rundlicher oder länglich runder Haufen von Zellen (Fig. 375 *g*), der von *Stilling* und *Clarke* zuerst beschrieben wurde (*Clarke*'s *posterior vesicular columns*) und von mir die oben vorangestellten Namen erhielt. Die Zellen dieser Säulen sind etwas kleiner als die der meisten ventralen Gruppen (von 45—90 μ) mehr rund, weniger gefärbt, im Uebrigen wie diese mit reich verästelten Ausläufern versehen. Nach neueren Untersuchungen (s. *Waldeyer*, Gorilla) sind die entsprechenden Zellen vereinzelt auch im proximalen Halsmarke und besser entwickelt in der distalen Lendengegend und im Sakralmarke zu finden.

3. Die Seitenhornzellen finden sich gut entwickelt nur in den zwei proximalen Drittheilen des Brustmarkes, die ein deutliches Seitenhorn zeigen, doch fehlen sie auch in den übrigen Abtheilungen nicht (*Waldeyer*) und bestehen aus mehr langgestreckten abgeplatteten Zellen von mittlerer Grösse. Im Cervical- und Lendenmarke, wo ein besonderes Seitenhorn fehlt, befinden sich diese Zellen in den sogenannten *Processus reticulares* im medianwärts vorspringenden Theile des Seitenstranges und sind nicht in die laterale ventrale Zellgruppe einbezogen, wie einige Autoren dies annehmen (s. *Waldeyer* l. c. S. 131 u. flgde.).

4. Die Zellen der *Substantia gelatinosa*, obgleich schon von *Stilling, mir, Gierke, H. Virchow, Golgi* gesehen, sind doch erst von *Ramón y Cajal* genauer beschrieben worden und ergeben sich als zahlreiche, in allen Theilen der genannten Substanz vorkommende kleinere Zellen, deren Gepräge sehr an Gliazellen erinnert.

5. Ausser diesen besonderen Haufen enthält die graue Substanz der dorsalen Hörner noch zerstreute einzelne grössere Zellen, die z. Th. den sogenannten motorischen in der Gestalt gleichen, z. Th. geringere Durchmesser haben.

Diese Zellen finden sich:

a) als Randzellen an der Grenze der *Substantia gelatinosa* gegen die dorsalen und Seitenstränge oder in der sogenannten Zonalschicht der dor-

salen Hörner von *Waldeyer* (spongiöse Zone der gelatinösen Substanz, *Lissauer*) und zeichnen sich durch ihre langgestreckte Spindelform und das Vorkommen von 2, höchstens 3 Ausläufern aus, von denen immer Einer auf weite Strecken ungetheilt verläuft und ein Nervenfaserfortsatz ist.

b) Als zerstreute Zellen überall in der grauen Substanz der dorsalen Hörner zerstreut grösser und kleiner bis zu solchen von 18 μ Grösse herab, alle mit verästelten mehrfachen Fortsätzen, die, abgesehen von der Grösse, wie die anderen beschaffen sind und daher keiner ausführlichen Beschreibung bedürfen.

Der Verlauf der stärkeren Ausläufer aller Nervenzellen des Markes ist theils wagerecht nach allen möglichen Richtungen, theils schief auf- und absteigend, selbst ganz senkrecht, und was ihre allgemeine Anordnung anlangt, so geht aus vergleichend anatomischen Thatsachen bei Wirbelthieren und aus *Schiefferdecker*'s Beobachtungen beim Hunde hervor, dass wenigstens die Zellen der ventralen Hörner in der Längsrichtung nicht gleichmässig vertheilt, sondern rosenkranzförmig angeordnet sind, woraus auf eine gewisse Gliederung des Markes geschlossen werden darf, in der Art, dass jeder motorischen Wurzel eine gewisse Anzahl Zellen zugetheilt ist. Inwiefern eine solche Segmentirung auch für die sensible Sphäre und die *Clarke*'schen Säulen gilt, ist noch zu untersuchen.

Die Nervenröhren der grauen Substanz sind so zahlreich, dass sie auf jeden Fall mehr als die Hälfte derselben ausmachen. Zugleich ergiebt eine Vergleichung derselben mit den Wurzelfasern die wichtige, von mir schon vor 40 Jahren hervorgehobene Thatsache, dass viele derselben in Lage, Verlauf und Feinheit so eigenthümlich erscheinen, dass sie unmöglich auf unmittelbare Verlängerungen der Wurzelfasern zurückzuführen sind (Mikr. Anat. II 1. S. 422). Massgebend waren für mich bei diesem Ausspruche besonders die ventralen Hörner und das Vorkommen feinster Fasergeflechte zwischen den bündelweise beisammenliegenden ventralen Wurzelfasern. So kam ich damals zu der Annahme besonderer Markfasern, welche durch die Untersuchungen der jüngsten Zeit, allerdings in eigenthümlicher Weise, ihre Bestätigung gefunden haben.

Lassen wir diese die ganze graue Substanz in allen Theilen durchziehenden feinsten Fasern bei Seite, so finden wir in derselben nachfolgende Fasergruppen.

1. Die Fortsetzungen der motorischen Wurzeln, die bündelweise oder mehr vereinzelt vor allem zu den Gegenden der ventralen Hörner verlaufen, in denen die motorischen Nervenkerne sich finden (s. unten).

2. Fasern, die in die *Commissura alba* eintreten, welche aus allen Gegenden des ventralen Hornes und auch aus den ventralen Theilen des Dorsalhornes abstammen.

3. Die Fasern der grauen Kommissur gehen in das dorsale Horn und gegen die Seitenstränge.

4. Fortsetzungen der Fasern der dorsalen Stränge, welche auf die sensiblen Wurzelfasern zu beziehen sind.

Diejenigen Fasern, die bisher in der *Substantia gelatinosa* und in den Dorsalsträngen für Elemente der sensiblen Wurzeln gehalten wurden, sind grossentheils besondere Markfasern, wie unten gezeigt werden soll.

Der Centralkanal (Fig. 376, 377 *g*), der stets der ventralen Fläche der grauen Kommissur näher liegt als der dorsalen hat bei 22—220 μ Weite eine rundlich bandartige oder dreieckige Gestalt und ein cylindrisches flimmerndes Epithel von etwa 22 μ Dicke. Im *Conus medullaris* rückt der Kanal gegen die dorsale Oberfläche und erweitert sich zum *Ventriculus terminalis* von *Krause* von 8—10 mm Länge, 0,6—1,0 mm Breite, 0,4—1,1 mm Tiefe. Verengert geht dann der Kanal in das *Filum terminale* über und endet in der Mitte desselben blind. Der Centralkanal liegt mitten in dem centralen grauen Kerne, *Stilling's Subst. gelatinosa centralis*, den ich mit *Virchow* zum Ependym zähle und den Verdickungen des Ependyms der Hirnhöhlen gleichsetze. Dieser Kern (Fig. 377), der in der Lendenanschwellung am stärksten ist und an erhärteten Präparaten auf Querschnitten bald ziemlich scharf begrenzt von birn-, schild- oder herzförmiger Gestalt erscheint, bald unmerklich in der benachbarten grauen Substanz sich verliert, was nach *Stilling* die Regel ist, besteht ganz und gar aus Neuroglia, über welche ein späterer § nachzusehen ist. Nicht selten ist der Centralkanal stellenweise obliterirt und durch eine reichliche Zellenwucherung ersetzt, unter welche Elemente besonders die von mir beschriebenen mehrkernigen Formen (Mikr. Anat. Fig. 125) gehören.

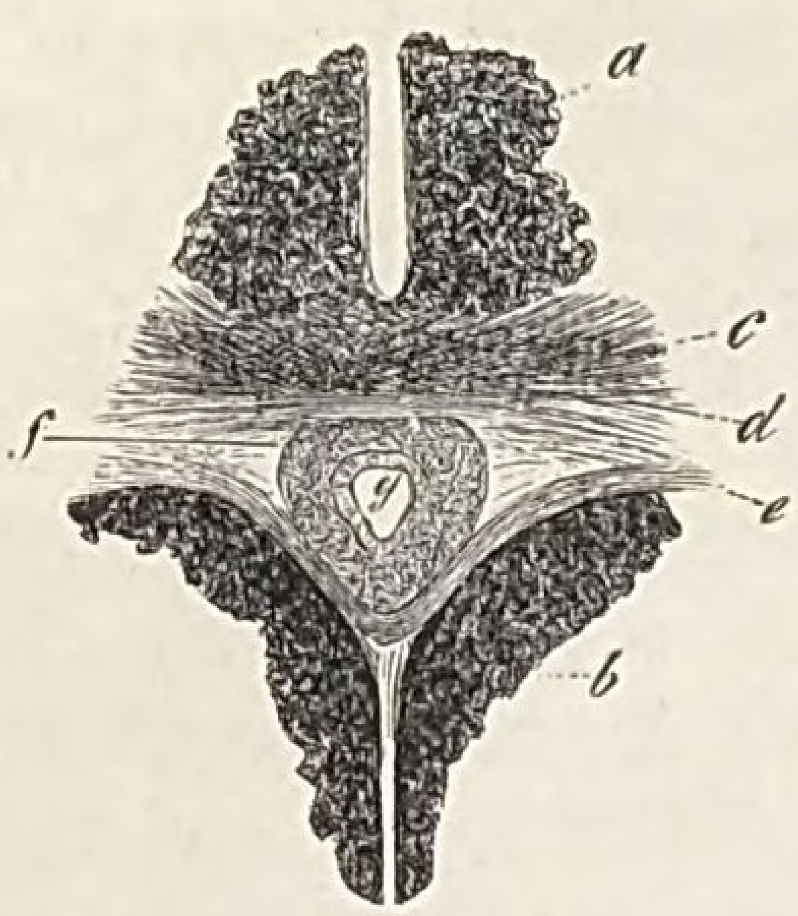


Fig. 377.

Das *Filum terminale* enthält, soweit dasselbe noch Inhalt hat, als Fortsetzung des Ependymfadens des Markes, neben dem Centralkanale eine graue, weiche Masse, die vorzüglich aus runden, 11—13 μ grossen, kernhaltigen, blassen Zellen besteht. Ausserdem finden sich im oberen Theile desselben zwischen den Zellen, die vielleicht z. Th. Nervenzellen sind, noch wirkliche dunkelrandige Nervenröhren von verschiedenen, meist geringen Durchmessern, ferner zahlreiche feine blasse Fasern, deren Bedeutung mir nicht klar geworden ist, nämlich ob sie Fortsätze von Zellen oder von den allerfeinsten Nervenfasern sind. Der untere Theil des Filum enthält beim Menschen keinen Theil mehr, der als Fortsetzung des Rückenmarkes selbst anzusehen wäre und besteht nur aus einem Bindegewebsstrange, der Verlängerung der *Pia mater* und dem Ende der *Art. spinalis ventralis* und Venen. Ausserdem ist zu erwähnen, dass das *Filum terminale* in seiner Umhüllung von der *Pia mater* auch Nerven enthält (Mikr. Anat. II 1), welche auch *Luschka* gesehen hat (Steissdrüse S. 81). *Rauber* hat in neuerer Zeit diese Nerven genauer verfolgt, auch in der Nähe des *Conus medullaris* Ganglienzellen in ihnen gefunden und dieselben für das 32. und 33. Nervenpaar erklärt (Morph. Jahrb. 1877).

Bei Thieren finden sich im Ganzen wohl ähnliche Verhältnisse, nur geht der *Canalis centralis* wie es scheint, überall bis ans Ende des Filum. Das Filum entsteht durch eine Wucherung, d. h. ein Längswachsthum der *Pars*

Fig. 377. Querschnitt des mittleren Theiles des menschlichen Rückenmarks aus der Lendengegend. *a* Ventralstränge, *b* Dorsalstränge, *c* weisse Kommissur, *d* ventraler Theil der grauen Kommissur, *e* dorsaler Theil derselben, *f* centraler Ependymfaden mit dem Centralkanale *g* und seinem Epithel.

coccygea medullae spinalis, welche zugleich nach und nach verkümmert und nur Rudimente des 32.—35. Nerven enthält. Die Lendenanschwellung füllt ursprünglich den ganzen Sakralkanal aus und zieht sich nach oben, weil und indem die Lumbosakralnerven und die Wirbelsäule rascher wachsen als das Mark.

§ 124.

Feinerer Bau des Markes.

A. Methoden zur Ermittlung des feineren Baues.

Der feinere Bau des centralen Nervensystemes ist sehr schwer zu erforschen und kann nur an der Hand mehrfacher Untersuchungsmethoden näher ergründet werden. Als die wichtigsten derselben haben sich in der neueren Zeit neben den längst üblichen Faserungspräparaten, den Serienschnitten und den verschiedenen Färbungsmethoden, unter welchen das *Weigert'*sche Verfahren obenan steht, folgende ergeben:

I. Die Untersuchung der ersten Entwicklung der Nervenfasern.

Nachdem schon seit Langem, seit den Beobachtungen von *Remak, Bidder* und *Kupffer* und *mir* selbst, vor allem gestützt auf die Untersuchung der Entwicklung der Elemente der motorischen Wurzeln, in hohem Grade wahrscheinlich geworden war, dass alle Nervenfasern als Ausläufer von Zellen des Gehirnes, Markes und der Ganglien sich entwickeln (5. Aufl. S. 334, m. Entwicklg. 2. Aufl. S. 621), gelang es dann *His* zuerst für die Spinalganglien und das Rückenmark durch direkte Beobachtung nachzuweisen, dass und wie die Nervenbildungszellen (Neuroblasten, *His*) einseitig in Nervenfasern auswachsen (Arch. f. Anat. 1883 und sächs. Ber. Bd. XIII, XIV, XV). Und da die Nervenzellen, wie es scheint, nur Einen nervösen Fortsatz besitzen und diese Ausläufer nach und nach schon als marklose Fäserchen (als sogenannte nackte Achsencylinder) in lang dahinziehende Nervenfasern auswachsen, so bietet die Verfolgung dieser embryonalen marklosen Fasern und ihrer allmählichen Entwicklung ein gutes Mittel dar, um über die Art und Weise der Entwicklung vieler Fasersysteme, über Zeit und Ort ihrer Entstehung, Richtung ihrer Ausbildung und über ihre Beziehungen zu anderen Systemen ins Reine zu kommen. Eine Reihe solcher Untersuchungen sind dann auch, schon vor *His,* von *Hensen* beim Rückenmarke und von *mir* beim Gehirne und Marke angestellt worden (Entw. 2. Aufl. S. 578—83, 594—599), welche zu einigen nicht unwichtigen Ergebnissen führten, unter denen ich nur die hervorhebe, dass nach meinen Erfahrungen die Nervenbahnen bei ihrem ersten Auftreten ein doppeltes Verhalten zeigen, indem die einen auf grossen Strecken gleichzeitig erscheinen, die anderen von bestimmten Punkten aus auf grössere Entfernungen weiter wachsen. Das erste fand ich beim ersten Auftreten der ventralen Stränge (d. i. der Ventralstranggrundbündel), sowie der dorsalen Stränge des Markes, die in der ganzen Länge des Markes auf einmal zum Vorschein kommen und gleichmässig sich verdicken, ferner bei der *Commissura alba,* deren Fasern alle im dorsalen Theile der grauen Substanz sich verlieren, und bei der ersten Anlage der Seitenstränge (Seitenstrangreste). Ganz dasselbe gilt auch für die

Fortsetzung der Ventralstranggrundbündel des Markes auf die *Medulla oblongata* bis in die Gegend des Mittelhirnes, welche Fasermassen beim Kaninchen stets vorhanden waren, sobald am Rückenmarke die ersten Spuren der Stränge sich vorfanden.

Ganz anders als diese Faserungen verhalten sich diejenigen im *Thalamus, Corpus striatum* und in den Hemisphaeren, die unzweifelhaft von einem beschränkten Punkte aus, allem Anscheine nach von den Basaltheilen des Hinterhirnes und Mittelhirnes, nach oben wuchern; dasselbe findet sich auch bei den Balkenfasern und gewissen Fasern des Opticus, die vom Gehirne aus in den primitiven Opticus hineinwachsen, und höchstwahrscheinlich auch bei den Pyramidenbahnen.

Diesen ersten Anfängen einer Bestimmung der Nervenbahnen auf Grund ihrer ersten Entwicklung hat dann *His* wichtige Thatsachen angereiht, unter denen die obenan steht, dass die sensiblen Wurzelfasern aus den Zellen der Ganglien der Kopf- und Rückenmarksnerven nach zwei Seiten hervorsprossen. Ferner fand *His*, dass die *Commissura alba* von Achsencylindern der dorsalen Neuroblasten der grauen Substanz gebildet wird und dass ein anderer Theil der Nervenzellen seine nervösen Fortsätze in die Stränge entsendet.

Endlich ist hier auch noch *Ramón* zu erwähnen, der bei Hühnerembryonen vom dritten Tage an mit der *Golgi*'schen Methode das Auftreten der Nervenfasern verfolgte und dem es so gelang, nicht nur die Herkunft der Neuroblasten, sondern auch das Wachsthum ihrer nervösen Fortsätze genau zu ermitteln.

Das Gesagte wird genügen, um zu zeigen, dass diese Methode bei weiterer Verfolgung noch schöne Ergebnisse verspricht.

II. Die Untersuchung der Entwicklung des Nervenmarkes bei Embryonen und jungen Geschöpfen seit *Flechsig*.

Dieser Beobachter hat gefunden, dass die Elemente anatomisch und physiologisch zusammengehörender Faserstränge, sogenannter Systeme (hier wäre meiner Meinung nach das Wort *Neurôn* ganz passend anzuwenden), aus dem embryonalen primitiven Zustande nackter Achsencylinder zusammen in denjenigen markhaltiger Röhren übergehen und für das blosse Auge weiss werden. Zugleich ergab sich einmal, dass diese Markscheidenentwicklung bei verschiedenen Systemen in verschiedener Zeit auftritt, und zweitens, dass dieselbe in der Richtung von den Zellen gegen die Endigungen der mit denselben verbundenen Nervenfasern, somit cellulifugal fortschreitet. Bei den motorischen Bahnen geht aus diesem Grunde die Entwicklung des Nervenmarkes in der Richtung vom Gehirn gegen das Mark und die peripheren Nerven, somit centrifugal, bei den sensiblen Bahnen dagegen in umgekehrter Richtung, oder centripetal. In pathologischen Fällen werden die centrifugalen Bahnen bei Degenerationen in absteigender Richtung ergriffen, die centripetalen in aufsteigender.

Beim Marke des Menschen nun stellten sich nach der Reihenfolge ihres Weisswerdens geordnet in Folge der Untersuchungen von *Flechsig* folgende Systeme heraus, die in der Fig. 378 dargestellt sind:

1. Die Grundbündel der Ventralstränge (*vg*), welche bei 30—32 cm langen Embryonen ihr Mark erhalten.

2. Die Grundbündel der Dorsalstränge (*hg*), die bei einer Länge der Früchte von 25 cm weiss werden.

3. Die Seitenstrangreste (*sr*), die nach *Flechsig* in zwei Abschnitte sich zerlegen lassen und zwar in

a) die ventrale gemischte Seitenstrangzone, die von 25—35 cm Körperlänge an weiss wird und

b) die der lateralen Fläche des Dorsalhornes anliegende seitliche Grenzschicht der grauen Substanz, die bei ca. 32 cm Körperlänge ihr Mark erhält.

4. Die *Goll*'schen Stränge *g*, die bei Embryonen vom Ende des 6. bis zum Anfange des 7. Monates ihr Markweiss erhalten.

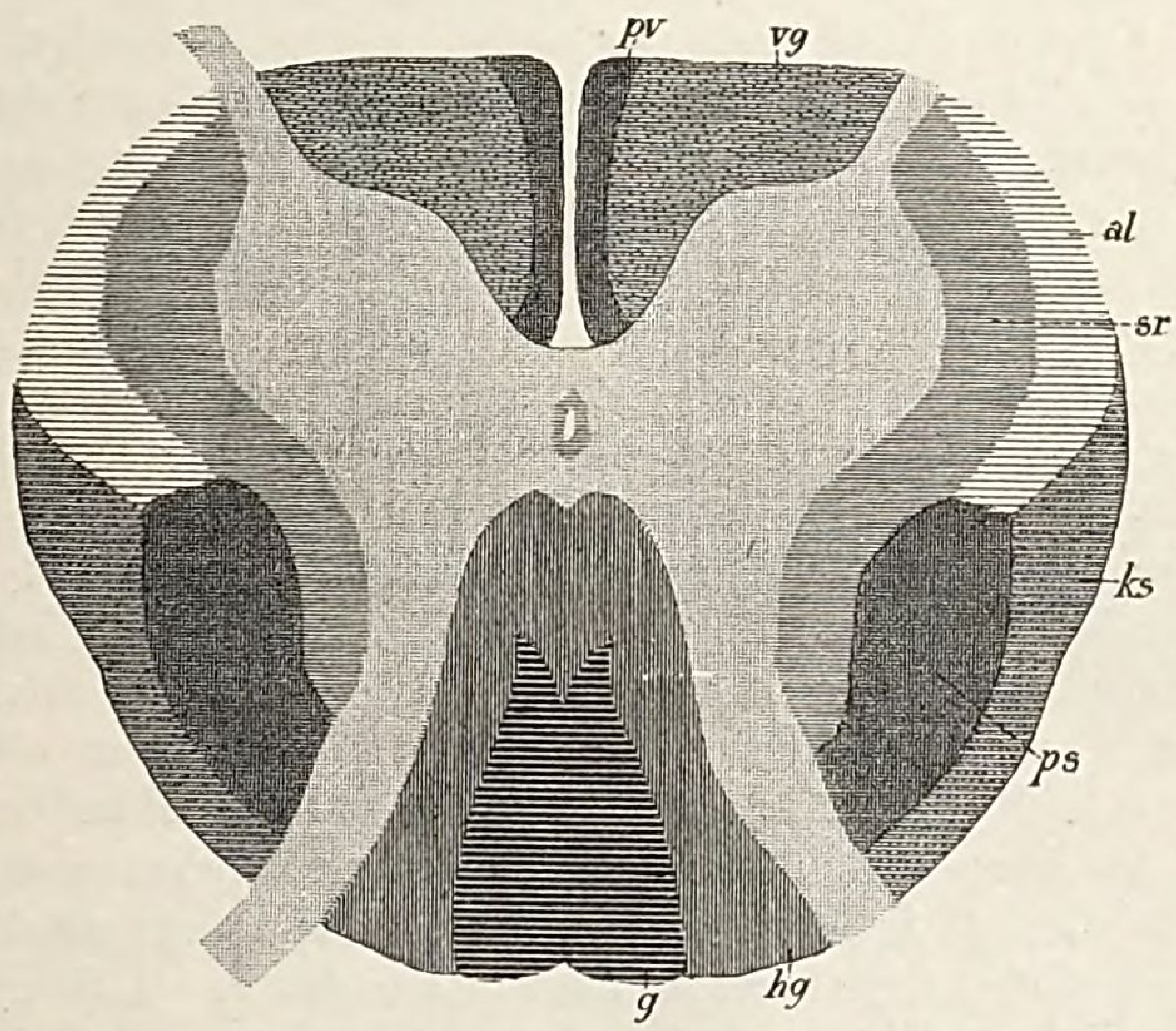


Fig. 378.

5. Die Kleinhirnseitenstrangbahn (*ks*). Wird gegen Anfang des 7. Monates bei 35 cm langen Früchten weiss.

6. Die Pyramidenventralstrangbahn (*po*) und

7. die Pyramidenseitenstrangbahn (*ps*). Beide erhalten ihr Mark gegen Ende des 9. Monates bei einer Körperlänge von 48—50 cm.

Diesen Bahnen reihten sich dann durch spätere Untersuchungen noch an:

8. Die antero-lateralen Stränge (*al*) von *Gower*, die im 8. Monate ihr Mark erhalten.

Andere Unterabtheilungen, die von neueren Beobachtern vorgeschlagen wurden, übergehen wir und erwähnen wir nur noch mit *Edinger*:

Fig. 378. Schema der Rückenmarkstränge nach *Flechsig* und *Kahler*. *po* Pyramidenbauchstrang-, *ps* Pyramidenseitenstrangbahn, *vg* Bauchstranggrundbündel, *ks* Kleinhirnseitenstrangbahn, *al* Anterolateraler Strang, *sr* Seitenstrangreste, *g* *Goll*'scher Strang, *hg* Rückenstranggrundbündel.

9. Das ventrale Feld der Dorsalstränge dicht an der grauen Kommissur, welches wahrscheinlich ein eigenes Fasersystem enthält, weil es bei Tabes nie erkrankt.

10. Die seitliche Grenzschicht der grauen Substanz, welche direkte Fortsetzungen der sensiblen Wurzelfasern enthalten soll.

Die von *Flechsig* aufgestellten Fasersysteme verhalten sich in verschiedenen Gegenden des Markes verschieden und sollen nun noch an der Hand der von diesem Autor gegebenen Darstellungen (siehe die Schemata bei *Flechsig* Taf. XX) näher erörtert werden.

1. Fasersysteme in den ventralen und Seitensträngen. Dieselben zerfallen in lange und kurze Bahnen. Die langen Bahnen dienen zur Verbindung des Markes mit dem Gehirn und umfassen folgende Systeme:

a) Die Pyramidenbahnen verbinden gewisse Gegenden der Hirnrinde mit den Nerven der willkürlichen Muskeln und dienen der willkürlichen Bewegung. Die laterale Pyramidenbahn oder die Pyramidenseitenstrangbahn von *Flechsig* kreuzt sich mit der anderen in der Pyramidenkreuzung der *Medulla oblongata* und steht mit der entgegengesetzten Hirnhälfte in Verbindung, während die ventrale Pyramidenbahn oder die Pyramidenventralstrangbahn von *Flechsig* von der gleichseitigen Pyramide und Hirnhälfte abstammt, jedoch wahrscheinlich in der ventralen Kommissur des Markes eine Kreuzung erleidet und in die motorischen Nervenkerne der anderen Seite übergeht. Beide Bahnen zeigen nach *Flechsig* kein beständiges Verhältniss zu einander und sind in der *Medulla oblongata* die gekreuzten und ungekreuzten Bündel sehr verschieden entwickelt. Die ventrale Pyramidenbahn endet meist in der Mitte des Brustmarkes und ist nur selten bis zum Anfange der Lendenanschwellung zu verfolgen, während die laterale Pyramidenbahn unter allmählicher, an den Anschwellungen rascherer Abnahme bis zu dem 3.—4. Sakralnerven geht. Beide Bahnen leiten centrifugal und entarten nach Zerstörungen oder Durchschneidungen in derselben Richtung.

b) Die laterale Kleinhirnbahn oder die Kleinhirnseitenstrangbahn ist nur im Brust- und Halstheile nachgewiesen, umgiebt in den Seitensträngen oberflächlich die Pyramidenbahn und nimmt im Allgemeinen von unten nach oben an Mächtigkeit zu. Ihre Fasern gehen unmittelbar durch den *Pedunculus cerebelli* in das Kleinhirn ein, leiten centripetal und degeneriren in derselben Richtung nach Durchschneidungen. Höchst wahrscheinlich entspringen dieselben von Zellen der Dorsalhörner, besonders der *Clarke*'schen Säulen.

c) Die ventro-lateralen Stränge sind im ganzen Marke bis zum unteren Lendenmarke vorhanden. In der Fig. 378 stellen dieselben eine Zone dar, die vom ventralen Theile der Kleinhirnseitenstrangbahn theilweise bedeckt wird und weiter ventralwärts oberflächlich am Seitenstrange bis zur Austrittsstelle der ventralen Wurzeln reicht. Nach der Nomenklatur von *Flechsig* würde diese Bahn einen Theil seiner vorderen gemischten Seitenstrangzone darstellen. Die ventro-laterale Bahn

nimmt von unten nach oben an Mächtigkeit zu und degenerirt aufsteigend. Ursprung und Ende ihrer Fasern sind nicht bestimmt festgestellt.

Kurze Bahnen der ventralen und Seitenstränge sind folgende:

a) Die Grundbündel der Ventralstränge. Dieselben liegen lateralwärts von der ventralen Pyramidenbahn und zeigen Grössenschwankungen im Zusammenhange mit den durchtretenden Wurzeln und den Abständen derselben von einander.

b) Die Seitenstrangreste zeigen in ihren beiden Abtheilungen keine grösseren Schwankungen. Beide Bahnen a und b enthalten Fasern, die nur auf kürzere Strecken verlaufen und von denen angenommen werden darf, dass sie Bindeglieder benachbarter Abschnitte des Markes darstellen. Nach Durchschneidungen entarten sie auf- und absteigend aber nur auf kurze Strecken.

2. Die Fasersysteme der Dorsalstränge.

a) Die *Goll*'schen Stränge enthalten lange Bahnen, die als unmittelbare Fortsetzungen eines Theiles der sensiblen Wurzelfasern das ganze Mark durchlaufen und von unten nach oben zunehmen. Ihre Fasern leiten centripetal, degeneriren aufsteigend und enden an den Kernen der zarten Stränge.

b) Die Dorsalstranggrundbündel oder *Burdach*'schen Stränge wechseln in ihrer Dicke mit der Stärke der Wurzeln. Dieselben scheinen die kurzen Bahnen zu enthalten, die in den Dorsalsträngen vorhanden sind, wie sich daraus ergiebt, dass nach Durchschneidung von sensiblen Wurzeln das entartete Querschnittsfeld nach oben immer kleiner wird.

III. Die Untersuchung des Faserverlaufes im embryonalen Marke nach der *Golgi*'schen Methode.

Nachdem *Golgi* zuerst darauf gekommen war, das embryonale centrale Nervensystem nach seiner Silbermethode zu behandeln und dabei gefunden hatte, dass in demselben die noch marklosen Nervenfasern aufs zierlichste sich schwarz färben, ebenso wie die nervösen und anderen Fortsätze der Nervenzellen und nachdem an solchen Objekten sehr wichtige Thatsachen sich herausgestellt hatten, wie die von zwei Arten von Nervenzellen und von der Abgabe zahlreicher Seitenästchen (Collateralen) durch alle longitudinalen Strangfasern des Markes, wurde dann diese Methode zuerst durch *Ramón y Cajal* und durch *mich*, später durch *v. Gehuchten*, *v. Lenhossek* und *Retzius* u. A. weiter verwerthet und ist jetzt als die wichtigste von Allen zu bezeichnen, wenn es sich darum handelt, den feineren und feinsten Bau des Nervensystems zu ermitteln, wie in einem späteren § ausführlich gezeigt werden soll. Ausserdem leistet aber die *Golgi*'sche Methode auch noch sehr Bedeutungsvolles, wenn es sich darum handelt, die Fasersysteme des centralen Nervensystems und ihre Entwicklung zu ermitteln, in welcher Beziehung hier vorläufig nur folgendes erwähnt werden soll. Da die *Golgi*'sche Methode alle markhaltigen Fasern ungefärbt lässt und nur die nackten Achsencylinder aufdeckt, sind solche Präparate, z. B. vom Rückenmarke, sehr geeignet zur Verfolgung des Auftretens der markhaltigen Fasern, namentlich wenn man neben solchen Präparaten auch nach *Weigert* gefärbte zur Ver-

gleichung benützt. So sind z. B. bei einem Embryo von 7 Monaten an einem *Weigert*'schen Präparate alle Stränge des Markes aus dunkelrandigen Fasern zusammengesetzt, mit Ausnahme der Pyramiden, Pyramidenbahnen und der Randzone von *Lissauer* (Fig. 379), während bei einem gleichalten, nur nach *Golgi* behandelten Schnitte diese Stränge allein dunkelgefärbte Achsencylinder zeigen, alle anderen Stränge dagegen ungefärbt sind.

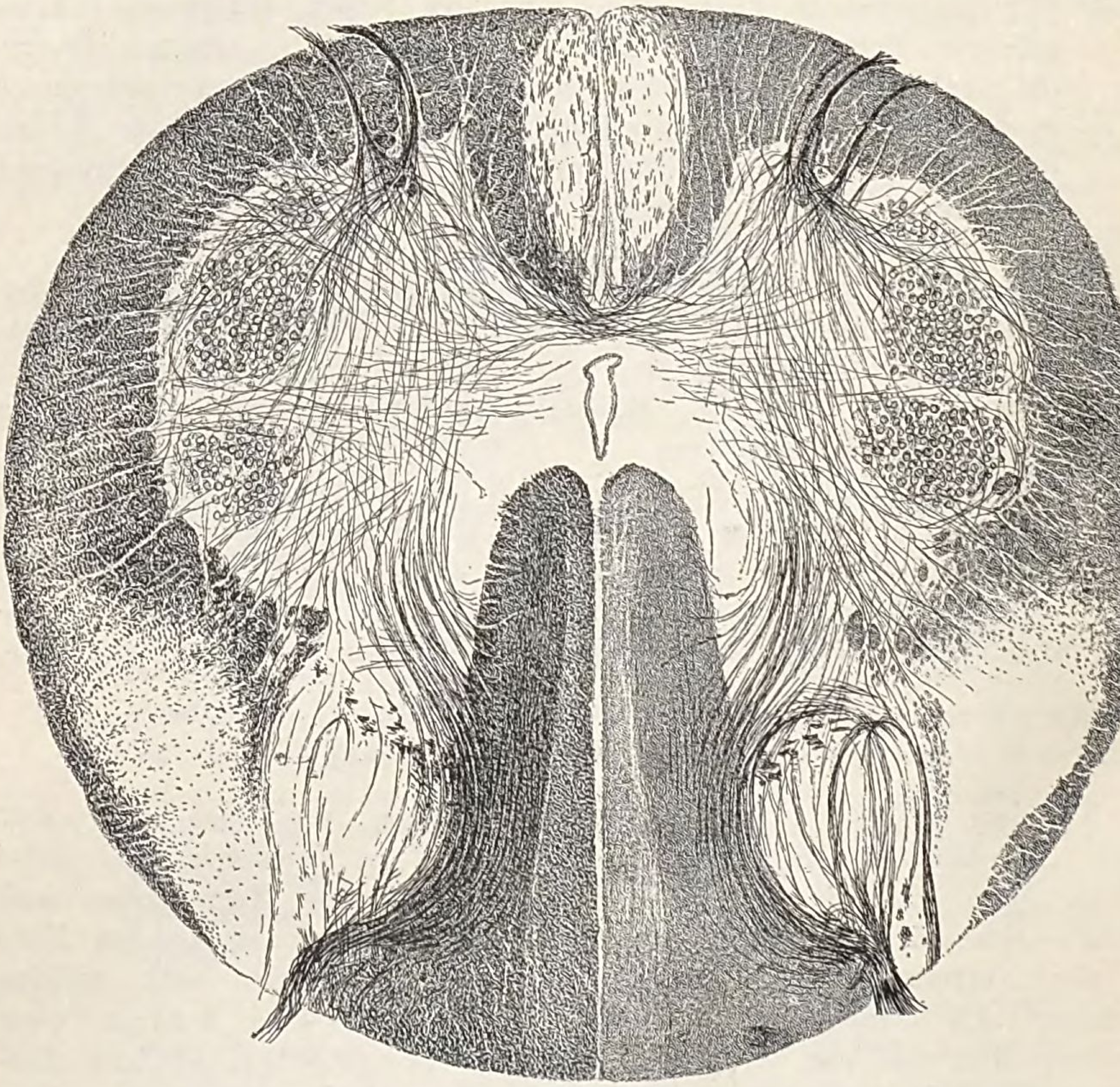


Fig. 379.

Weiter lassen sich *Golgi*'sche Präparate auch mit Erfolg verwerthen, um das erste Auftreten der marklosen Nervenfasern zu studiren, wie oben schon angedeutet wurde. Hierbei kann neben der Bildung der Nervenfasern auch das erste Erscheinen der Stränge verfolgt werden. Als Beispiel erwähne ich hier vom menschlichen Embryo folgendes. Bei einem Embryo von vier Monaten

Fig. 379. Halsmark eines menschlichen Embryo von 7 Monaten von 5,0 mm grösster Breite und 4,7 mm im mittleren sagittalen Durchmesser, 22 mal vergr. (*Weigert*). Pyramidenventralstrangbahn und Pyramidenseitenstrangbahn mit nur wenigen myelinhaltigen Fasern. Im Ventralhorne 2 grosse und ein kleines Zellennest. Accessorius deutlich. Im Dorsalstrange der Fasc. gracilis heller mit wenig entwickelten Markscheiden.

(Fig. 388 § 125) sind von den Strängen nur folgende angelegt: Von den Dorsalsträngen die ventralsten Theile und die laterale Seite, ferner die Grundbündel der ventralen Stränge schwach und die Seitenstrangreste. Seitlich und an der ventralen Seite bilden diese Anlagen ein halbmondförmiges Feld, das seine grösste Breite in der Gegend der Ausgangsstelle der dorsalen Hörner hat, unmittelbar an die graue Substanz angrenzt und die Oberfläche des Markes namentlich auch in der Gegend der *Fissura ventralis* freilässt, so dass es den Anschein hat, als ob der ventro-laterale Strang und der Kleinhirnseitenstrang noch nicht angelegt wären, was jedenfalls von den Pyramidenbahnen gilt. Bei einem Embryo vom 6. Monat (Fig. 386) fehlen nur noch die letztgenannten Bahnen, während alle Anderen angelegt sind.

Weigert'sche Präparate anlangend bemerke ich zum Schlusse noch, dass dieselben für sich allein vollkommen genügend sind, um eine gute Anschauung über die allmähliche Entwicklung des Markweisses zu geben und ist eine Serie solcher der Untersuchung frischer Embryonen von blossem Auge bei weitem vorzuziehen, indem derartige Präparate nicht nur eine ganz genaue Bestimmung der markhaltigen und marklosen Theile gestatten, sondern auch über die allmähliche Ausbildung des Markmantels der Achsencylinder, die grössere oder geringere Dicke desselben, gute Anschauungen geben.

Zum Studium der ersten Entwicklung der Nervenfasern und ihrer Systeme sind *Weigert*'sche Präparate dagegen nicht verwerthbar und kommen hier einzig und allein *Golgi*'sche Präparate in Betracht.

Die ausschlaggebenden Untersuchungen über den feinsten Bau des Rückenmarkes verdanken wir in erster Linie *Camillo Golgi*, der seine Erfahrungen in folgenden Abhandlungen niederlegte:

I. Studi istologici sul midollo spinale, Communicatione fatta al terzo congresso freniatrico italiano tenuto in Reggio Emilia nel Settembre 1890, Milano, Fratelli Richiedei 1881; auch in Rendiconto di questo congresso in Arch. ital. per le malattie nervose anno 18° Fasc. I 1881, ferner in Giorn. internaz. d. sc. mediche Ann. III, separat bei *E. Decken*, Rom 1881, 15 St. II. La cellula nervosa motrice in Atti del IV. Congr. freniatrico italiano tenuto in Voghera nel Settembre 1883, separat Milano 1884, 6 Seiten. III. Sulla fina anatomia degli Org. centr. del Sistema nervoso, Milano 1886, passim (pg. 38, 40, 44, 177, pg. 213 Anm. Fig. 28). IV. Ueber den feineren Bau des Rückenmarks in Anat. Anz. 1890 S. 372 und 423. V. Einige Zusätze in *S. L. Schenk*, Elementi di Istologia umana, Trad. del Dr. A. Monti, Milano 1889, pg. 92–97. VI. Artikel „Nervensystem" in Ergebnisse der Anatomie und Entw. von *Merkel* und *Bonnet*. Bd. I 1891 St. 256—328. VII. La rete nervosa diffusa degli org. centr. d. Syst. nerv. c. suo significato fisiologico in Rendiconti del R. Ist. Lombardo Ser. II Vol. XXIV. P. VIII, IX, 1891.

Die Hauptentdeckungen und Annahmen von *C. Golgi* sind folgende:

a) Der Nachweis von zwei Arten von Nervenzellen,
b) Die Beobachtung von Seitenästchen an den longitudinalen Fasern aller Stränge, den später so genannten Collateralen, die in der grauen Substanz sich fein verästeln,
c) Die Entdeckung ähnlicher fein verzweigter Aestchen an den nervösen Fortsätzen vieler Zellen,
d) Das Auffinden von Zellen, der sogenannten Strangzellen, deren nervöse Fortsätze in die longitudinalen Strangfasern der ventralen und Seitenstränge der nämlichen oder durch die *Commissura alba* in die der andern Seite übergehen,
e) Die Beobachtung, dass die sensiblen Wurzelfasern in der grauen Substanz sich fein verästeln,

f) Die Annahme eines diffusen Nervennetzes, welches die graue Substanz des gesammten centralen Nervensystemes durchziehe und sich zusammensetze aus allen bei a, b, c und e genannten feinen Verästelungen.

g) Die Aufstellung, dass die Protoplasmafortsätze nicht in Nervenfasern übergehen, vielmehr an die Gliazellen und Blutgefässe sich ansetzen und wahrscheinlich zur Ernährung der Nervenzellen in Beziehung stehen.

Diese so äusserst wichtigen Beobachtungen von *Golgi* waren, ausser in Italien, ganz unbekannt und unbeachtet geblieben und erachte ich es als mein Verdienst, im Jahre 1887 zuerst die grosse Bedeutung derselben betont und dieselben bei uns bekannt gemacht zu haben, nachdem ich im April *Golgi* in Pavia besucht hatte (Sitzungsbericht der Würzb. phys.-med. Gesellschaft v. 21. Mai 1887 und Anat. Anzeiger 1887 Nr. 15). Seit dieser Zeit habe ich die *Golgi*'sche Methode weiter verfolgt und seit dem Jahre 1889 folgende mit derselben angestellte Untersuchungen veröffentlicht:

I. Ueber die Einwirkung der *Golgi*'schen Methode auf Ganglien und über den feineren Bau des Cerebellum im Würzb. Ber. v. 23. Nov. 1889. II. Ueber den feineren Bau des Rückenmarks in Würzb. Sitzungsberichten v. 8. März 1890. III. Ueber den feineren Bau des Rückenmarks menschl. Embryonen, Ebenda, 12. Juli 1890. IV. Zur feineren Anatomie des centralen Nervensystems. Erster Beitrag. Das Kleinhirn, in Zeitschr. f. w. Zool. Bd. 49, 1890, S. 663—689, 4 Taf. V. Zweiter Beitrag. Das Rückenmark, Ebenda Bd. 51 1890, 54 S., 6 Taf. VI. Der Bau des verlängerten Markes, Anat. Anz. 1891 S. 427. VII. Eröffnungsrede beim 5. anat. Kongresse in München 1891 über die Beziehungen der nervösen Elemente zu einander.

Mittlerweile war im Jahre 1889 ein neuer tüchtiger Forscher *D. Santjago Ramón y Cajal* in die Arena getreten. Die Untersuchungen desselben über das Mark wurden in gänzlicher Unkenntniss der oben erwähnten früheren Veröffentlichungen von *Golgi* aus den Jahren 1880 und 1881 unternommen und haben daher, wenn sie auch jetzt einem guten Theile nach nur als Bestätigungen des von *Golgi* Gefundenen erscheinen, doch als ganz selbständige Arbeiten zu gelten. Ausserdem haben dieselben auch z. Th. zu Erweiterungen der Beobachtungen von *Golgi*, z. Th. zu neuen und abweichenden Ergebnissen geführt. Die auf das Mark sich beziehenden Arbeiten von *Ramón y Cajal* sind ausser seinem Manual de Histologia normal 1889 (692 S. 203 Holzschnitte) folgende:

I. Contribucion al Estudio de la Estructura de la Médula espinal in Rivista trimestrial de Histologia normal y patológica 1° Marzo 1889 pg. 78—106 Pl. XXI. II. Sur l'origine et les ramifications des fibres nerveuses de la moëlle embryonnaire avec 8 figures. Anat. Anz. 1890 S. 78—85 und S. 111—119. III. Conexión general de los elementos nerviosos in La medicina práctica 2. Oct. 1889 Nr. 88 pg. 341—346. IV. Nuevas observationes s. l. Estruct. d. la médula espinal d. l. mammiferos in Trabajos del Labor. anat. d. l. Fac. d. Medicina, 1 Abril 1890 p. 1—27, 7 Abbildungen. V. La médula esp. d. l. reptiles und La sustancia gelatinosa de Rolando. Ebenda 20. Agosto 1891 S. 23—43. VI. Réponse à *Mr. Golgi*. Anat. Anz. 1890, 20. Okt. VII. A quelle époque apparaissent les expansions des cellules nerveuses du poulet avec 7 Fig. Anat. Anz. 1890 Nr. 2 S. 609—613. VIII. Nuevo concepto de la Histologia le los centros nerviosos, Barcelona 1893, 68 S., 23 Fig.

Die wichtigsten von *Ramón* gefundenen Thatsachen sind:

1. Die Theilung der sensiblen Wurzelfasern.
2. Genaue Beschreibung der Collateralen und ihrer Verbreitung.
3. Lässt derselbe alle Collateralen und überhaupt alle in der grauen Substanz nicht mit Zellen verbundenen Nervenfasern frei enden und leugnet das Vorkommen des *Golgi*'schen Netzes.
4. Lässt er viele Strangfasern in die graue Substanz eintreten und da enden.
5. Giebt er eine ausführliche Schilderung des Verhaltens der Strangzellen zu den Strängen und den Kommissuren.
6. Beschreibt er die erste Entwicklung der Nervenzellen im Marke des Embryo.
7. Die Gesammtanschauung von *Ramón* kommt darauf hinaus, dass die verschiedenen nervösen Elemente oder Neurodendren nur durch Kontakt auf einander wirken.

Den grossen Verdiensten von *Golgi* und *Ramón* gegenüber vermag ich von mir nur das zu betonen, dass ich der erste war, der die auffallenden neuen Beobachtungen dieser Forscher durch ausführliche Untersuchungen als richtig erwies und manche Einzelnheiten weiter ausführte und genauer feststellte. Ferner gelang es mir alle neuen Funde auch beim menschlichen Embryo nachzuweisen. Nach mir wurde dann die Untersuchung des Nervensystems nach der *Golgi*'schen Methode sehr bald weiter verfolgt durch *v. Gehuchten*, *Retzius*, *M. v. Lenhossek*, *Sclavunos*, *C. Sala*, *Pedro Ramón*, *Lavdowsky* und die Kenntniss der feinen Struktur des Markes immer weiter verfolgt. Die Arbeiten dieser Forscher über das Rückenmark sind niedergelegt in folgenden Abhandlungen:

V. Gehuchten: I. Annales de la soc. belge de Microscopie T. XV. 1891, Les découvertes récentes d. l'anat. et l'hist. d. syst. nerveux pg. 113; II. La moëlle épinière et le cervelet in La Cellule VII fasc. 1 1891 44 S. 3 Tafeln.

V. Lenhossek: I. Ueber Nervenfasern in hinteren Wurzeln, welche aus dem Vorderhorn entspringen. Anat. Anz. 1890 Nr. 13; II. Neue Forschungen über d. feinern Bau d. Nervensystems. Correspondenzblatt d. Schweiz.Aerzte 1891 S. 489; III. Ursprung, Verlauf u. Endig. d. sensibl. Fasern bei Lumbricus. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XXX 1892; IV. Zur Kenntniss der ersten Entstehung der Nervenzellen und Nervenfasern beim Vogelembryo. Verhandl. d. X. internat. med. Kongr. Berlin 1890 Bd. II S. 115; V. Beobachtungen an den Spinalganglien und dem Rückenmarke von Pristiurusembryonen. Anat. Anz. VII 1892 S. 519; VI. Ueber den Verlauf der Hinterwurzeln im Rückenmark. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 33 1889 S. 71, Bd. 34 1890 S. 157, ferner Hinterwurzeln und Hinterstränge in Verhandl. d. Nat.-Ges. in Basel 1890 S. 86; VII. Zur Kenntniss d. Neuroglia d. menschl. Rückenmarks in Verh. d. Anat. Ges. 1891, S 193—221, 19 Holzschn.; VIII. Der feinere Bau des Nervensystems im Lichte neuester Forschungen in Fortschr. d. Medizin 1892, 139 S., 33 Fig. im Text, 4 Tafeln.

Retzius: I. Zur Kenntniss des centr. Nervensystems v. Amphioxus und Myxine glutinosa. Biol. Unters. N. F. II S. 27—53 Taf. XI—XVI 1891; II. Ueber Ganglienzellen d. Cerebrospinalganglien v. Myxine und Anguis fragilis und über subcutane Ganglienzellen v. Myxine. Biol. Unters. N. F. I 1890 S. 97 Taf. XVIII; III. Zur Kenntniss der Ependymzellen der Centralorgane in Verh. d. Biolog. Ver. in Stockholm Bd. VII 1891 Nr. 13 S. 103—116, 13 Fig. im Text; IV. Zur Kenntniss d. Ganglienzellen der Spinalganglien in Biol. Unters. N. F. IV 1892 S. 59, 3 Figuren.

P. Ramón: Las fibras colaterales de l. sust. blanca en la médula de las larvas de batracios in Gaz. sanit de Barcelona 1890.

Cl. Sala: Estructura de la médula espinal de los batracios. Barcelona 1892.

G. L. Sclavunos: Beitr. z. fein. Anat. d. Rückenmarkes der Amphibien in Festschrift f. *Koelliker* 1892.

M. Lavdowsky: Vom Aufbau des Rückenmarks in Arch. f. mikr. Anat. Bd. 38 1891 S. 264.

Alle diese Arbeiten werden in den folgenden §§ nur unter den Namen der Autoren und der beigesetzten Nummer citirt werden.

§ 125.

Feinerer Bau des Markes im Einzelnen.

B. Rückenmark von Embryonen und jungen Geschöpfen.

Behandelt man das Mark von Embryonen und Neugeborenen nach der *Golgi*'schen Methode, so treten Thatsachen hervor, welche die Untersuchung des Markes erwachsener Geschöpfe auch nicht von ferne ahnen lässt und wird jede Untersuchung des Markes in Zukunft von solchen Objekten auszugehen haben.

An der Stelle von markhaltigen Nervenfasern finden sich an solchen Präparaten bei jüngeren Embryonen im ganzen Marke, bei älteren und Neugeborenen wenigstens an vielen Stellen durch Silber geschwärzte marklose Fäserchen oder nackte Achsencylinder von ausnehmender Zartheit und Zierlichkeit. In den Strängen messen dieselben 1—2 μ, in der grauen Sub-

stanz z. Th. ebensoviel, z. Th. sind dieselben hier von der grössten Feinheit bis zum Unmessbaren. Viele dieser Fäserchen sind in ihrem Verlaufe überall gleich breit, andere zeigen grössere oder kleinere Varicositäten, wie man sie auch an anderen nackten Achsencylindern sieht (Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 43 Taf. I Fig. 3), welche sowohl an den Stammfasern als und vor allem an den letzten Endigungen vorkommen. Ausserdem sind zu beachten dreieckige kleine Anschwellungen, die an den Abgangsstellen von Aesten sehr häufig sind.

In einzelnen Fällen färben sich bei der schnellen *Golgi*'schen Methode auch eine gewisse Zahl markhaltiger Fasern und zwar röthlich. Am häufigsten sah ich dies an den hinteren Wurzeln bei Neugeborenen, kleinen Säugern und bei Thieren aus den ersten Wochen nach der Geburt, hie und da auch an den longitudinalen Fasern der weissen Substanz besonders der Dorsalstränge, und in der *Medulla oblongata* besonders an den Elementen der aufsteigenden Trigeminuswurzel und an den Wurzeln des Acusticus.

Wie die marklosen Fasern so färben sich durch Silber auch die Nervenzellen und die Zellen der Neuroglia. An den ersteren sind die nervösen Fortsätze meist untadelig und leicht zu verfolgen, dagegen zeigen die Dendriten häufig unregelmässige Auflagerungen und ebenso die Ausläufer der Gliazellen, Bildungen, die ich nicht als naturgemässe anerkennen kann.

Bei Schilderung der mit dieser Methode gewonnenen Ergebnisse beginne ich mit der weissen Substanz.

1. Dorsale Wurzeln und Dorsalstränge.

Die dorsalen Wurzeln treten jede mit zahlreichen kleinen Bündelchen leicht aufsteigend in der dorsalen Seitenfurche in das Mark ein und wenden sich dann medianwärts gegen den Dorsalstrang, wobei dieselben früher oder später, d. h. näher oder entfernter von der Medianebene, gabelförmig sich theilen in der Art, dass die Nervenfasern derselben in je zwei Fasern, eine proximale und eine distale zerfallen. Die Theilungen finden beim Menschen und den Säugern unter sehr stumpfen Winkeln von ungefähr 150—160^0 statt (Figg. 380, 381) und da die Fasern eines Wurzelbündelchens in der Regel in einer und derselben Höhe sich spalten und die Theilungsäste ihren schiefen Verlauf eine Zeit lang beibehalten, so zeigen die oberflächlichen Theile der Dorsalstränge einen eigenthümlichen Faserverlauf, den die Fig. 380 getreu wiedergiebt. Im weiteren Verlaufe strecken sich dann allerdings diese Fasern und werden zu reinen Längsfasern, wie sie in den tieferen Theilen des Dorsalstranges vorwiegend oder allein vorkommen.

Genauer bezeichnet senken sich die dorsalen Wurzeln in der Gegend des lateralen Abschnittes der *Substantia gelatinosa* in den Theil des Dorsalstranges ein, der, obschon längst bekannt (S. m. Mikr. Anat. II. 1, p. 420 Fig. 129*a*, Gewebelehre alle Auflagen, 5. Aufl. Fig. 183), jetzt von *Lissauer* als Randzone und von *Waldeyer* als „Markbrücke“ bezeichnet wird (Fig. 376). Hier theilen sich die Wurzelbündel in zwei Abschnitte, einen schwächeren lateralen Theil, der in der Richtung gegen die dorsale laterale Ecke der *Substantia gelatinosa* zieht und einen stärkeren medialen, der mitten in der Randzone gegen den eigentlichen Dorsalstrang verläuft. Im lateralen Bündel theilen sich die Wurzelfasern ziemlich alle an derselben Stelle, im medialen dagegen verbreiten sich dieselben ziemlich über den ganzen Raum zwischen der Eintrittsstelle der

sensiblen Wurzel und dem eigentlichen Dorsalstrange, nehmen dagegen im Diameter dorso-ventralis mehr den ventralen Theil der Randzone ein, während der dorsale von einem Saume longitudinaler Fasern gebildet wird, dessen Mächtigkeit (Dicke) von unten nach oben zunimmt. Die Theilungen finden sich hier über eine grössere Zone verbreitet, immerhin bleiben auch hier die proximalen und distalen Fasern, die aus denselben hervorgehen, bündelweise beisammen und verflechten sich so durcheinander, dass auf Querschnitten eine zierliche Abwechselung von Faserbündelchen entsteht, die in zwei schiefen Richtungen verlaufen.

Eine in neuester Zeit vorgenommene Prüfung der Theilungsstellen der sensiblen Wurzelfasern bei menschlichen Embryonen von 4 und 6 Monaten hat



Fig. 380.

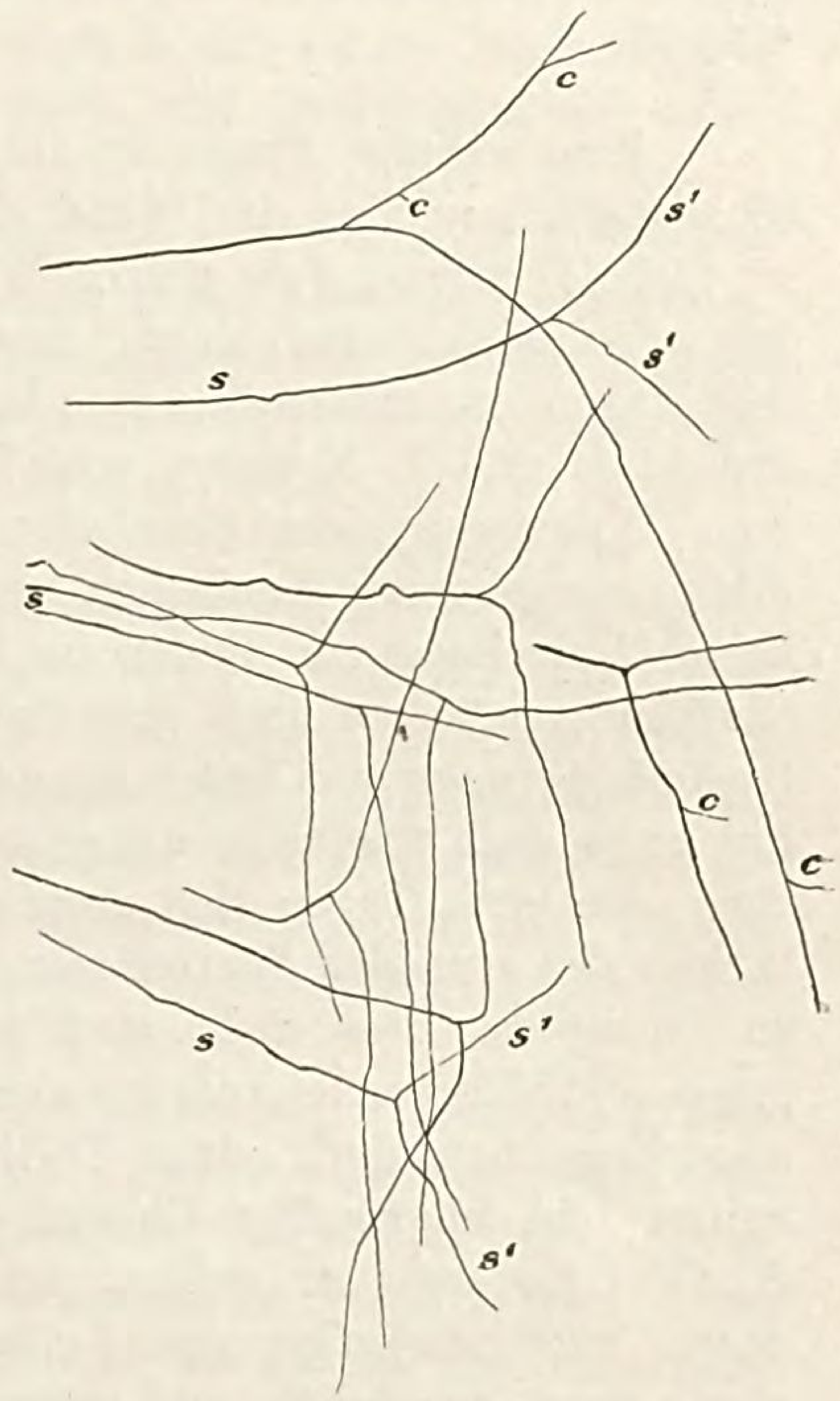


Fig. 381.

mir gezeigt, dass die lateralen unter denselben erst in der *Substantia gelatinosa* sich theilen und zwar erreichen einige Wurzelbündel selbst die mittleren und noch etwas weiter ventral gelegene Theile derselben. Die Theilungsstellen zeichnen sich in der *Rolando*'schen Substanz durch eine Querreihe gabelförmig gespaltener kurzer Bündelchen aus, die in halber Höhe des Dorsalstranges und z. Th. in der Gegend des Abganges des grossen collateralen Bündels aus dem Dorsalstrange, z. Th. dorsalwärts von demselben ihre Lage hat. Im weiteren Verlaufe schliessen sich die aus diesen Theilungen hervorgehenden Fasern vor allem dem Dorsalstrange an, immerhin liess sich vorläufig nicht ermitteln, ob nicht

Fig. 380. Theilungen der sensiblen Wurzelfasern beim Eintritte in das Mark. Vom Lendenmark eines menschlichen Embryo von 6 Monaten. (*Golgi*, mittl. Vergr.)

Fig. 381. Eine Anzahl Wurzelfasern der Fig. 380, starke Vergr.

einzelne derselben innerhalb der *Substantia gelatinosa* verbleiben und in die oben geschilderten Längsbündel der dorsalen Hörner übergehen, oder vielleicht den Seitensträngen sich anschliessen.

Die eben besprochenen Verhältnisse finden sich z. Th. in einem schematischen Querschnitte von *Edinger* (3. Aufl. Fig. 109 Fasern 4—5) dargestellt und auch im Texte (S. 138) von Säugethieren erwähnt. Und *v. Lenhossek* (Nr. VII) berichtet, dass an einer Serie von Sagittalschnitten aus dem menschlichen Marke, der seine Fig. 22 entnommen sei, es den Anschein habe, als beständen einige andere Faserbündel, die die *Rolando*'sche Substanz in ihrer medialsten Abtheilung durchsetzen, nicht aus Collateralen, sondern aus noch ungetheilten Wurzelfasern und als erfolgte deren Theilung erst weiter ventralwärts jenseits der *Rolando*'schen Substanz oder in deren ventralstem Abschnitte, bei welcher Bemerkung *v. Lenhossek* ebenfalls an die Längsbündel der dorsalen Hörner erinnert.

Eine wichtige Frage ist die, ob Alle sensiblen Wurzelfasern sich theilen, die natürlich nur an der Hand viel umfassenderer Untersuchungen, als sie mir zu Gebote stehen, mit einiger Wahrscheinlichkeit beantwortet werden könnte. Ich muss mich sonach darauf beschränken, zu sagen, dass ich bis anhin diese Theilungen nur untersuchte vom Lenden- und Halsmarke menschlicher Embryonen des 4., 5. und 6. Monates, vom Lendenmarke eines Rindes von 20 cm Länge, vom Halsmarke eines Schafes von 22 cm und vom Dorsalmarke und Halsmarke neugeborener Kaninchen und Katzen, und dass ich in allen diesen Fällen keine Wurzelfaser zu finden im Stande war, die sich nicht getheilt hätte. In der That verstärken auch gute Präparate, wie diejenigen der Fig. 380, mit ihren regelmässig nach zwei Seiten ausstrahlenden Astbüscheln diesen Eindruck. Immerhin kann auch ich nicht weiter gehen als *Ramón y Cajal*, der beim Hühnchen von acht Tagen sich ebenfalls dahin ausspricht, dass er zwar nur Theilungen der sensiblen Wurzelfasern gesehen habe, aber doch nicht im Stande sei zu behaupten, dass nicht auch andere Verhältnisse derselben vorkommen. In grossem Widerspruche zu *meinen* und *Ramón*'s Angaben steht *Golgi*, der neuerdings behauptet, dass Theilungen der sensiblen Wurzelfasern die Ausnahme, ein ungetheilter Eintritt die Regel darstelle (Nr. VII, Separatabdruck S. 12). So weit zu gehen, ist nach den vorliegenden Beobachtungen, zu denen auch diejenigen von *v. Gehuchten* und *v. Lenhossek* kommen, ganz unmöglich und verweise ich ausser auf Fig. 380 vom Menschen noch auf die Figg. 1 und 2 meiner Rückenmarksarbeit vom Schafe und Rinde. Der Angabe von *v. Lenhossek*, dass in den wenigsten Fällen die beiden Theilungsäste der sensiblen Wurzelfasern von gleicher Stärke seien, vielmehr der distale Ast dünner sei, vermag ich, gestützt auf meine Präparate, mich nicht anzuschliessen. Ich finde, dass in der Regel beide Aeste gleich stark sind, hie und da bald der eine, bald der andere etwas feiner.

Die weiteren Schicksale der Aeste der sensiblen Wurzelfasern anlangend, so wäre es von ungemeiner Bedeutung, genau zu wissen, wie dieselben sich verhalten, da dann auch der Verlauf und die Endigungen der Fasern der Dorsalstränge bekannt wären, welche Stränge allem Anscheine zufolge wesentlich, ja vielleicht allein, aus diesen Wurzelfasern sich zusammensetzen. Wenn ich hier von Dorsalsträngen rede, so meine ich nicht nur die gewöhnlich sogenannten Stränge, sondern auch die oben erwähnte zusammenhängende Lage weisser Sub-

stanz, die, oberflächlich an der *Substantia gelatinosa* gelegen, die Dorsalstränge mit den Seitensträngen verbindet. In diese Lage, oder die Randzone der Hinterhörner, die zum Theil der *Lissauer*'schen Randzone entspricht, strahlen von der lateralen Seite her die dorsalen Wurzelfasern ein, um sich innerhalb derselben ziemlich in ihrer ganzen Breite bis zu den eigentlichen Dorsalsträngen hin in oben geschilderter Weise in auf- und absteigende Elemente zu theilen. Diese Art des Eintrittes der sensiblen Wurzeln ist wesentlich verschieden von derjenigen, die bei Erwachsenen sich findet und hängt davon ab, dass bei Embryonen das Dorsalhorn und vor allem die *Substantia gelatinosa* eine ungemeine Breite und Mächtigkeit besitzt (vgl. die Fig. 385, 386). Dieselbe hängt mit der verschiedenen Ausbildung der grauen und weissen Substanz im Allgemeinen zusammen, die, wie man längst weiss, so geschieht, dass im fötalen Marke erst die graue Substanz vorwiegt und dann nach und nach gegen die weisse zurücktritt.

Um nun auf die oben berührte Hauptfrage zu kommen, so hat *Ramón y Cajal* in seinen ersten Mittheilungen dieselbe offen gelassen, genauer bezeichnet erklärt, dass er nicht wisse, wie die Theilungsäste der sensiblen Wurzelfasern enden; doch sei es ihm gelungen, einzelne derselben beim Hühnchen bis auf 2 mm Länge zu verfolgen, ohne ein Ende zu finden. Hierzu bemerkt *Ramón y Cajal*, dass beim Hühnerembryo von 10—12 Tagen 2 mm mehr betragen, als die Entfernung dreier Wurzeln von einander, und dass diese Grösse auf ein erwachsenes Säugethier übertragen, mehreren Centimetern entspreche. Ausserdem fügt dieser Gelehrte noch bei, dass es ihm einige Male vorgekommen sei, als ob die Theilungsäste nach einem Verlaufe von 1 mm das Bestreben zeigten, sich einwärts zu begeben und der Substanz von *Rolando* sich zu nähern, ein Verhalten, von dem er nicht wisse, ob es zufällig war, oder als ein Anzeichen zu betrachten sei, dass die betreffenden Fasern in der benachbarten grauen Substanz endigen (Nr. I, p. 92).

Den oben genannten Punkt anlangend möchte ich einfach auf meine Fig. 380 verweisen, welche beim Menschen das allmähliche Eintreten aller Theilungsfasern der Wurzeln in tiefere Schichten zeigt und vermuthen, dass auch beim Hühnchen bei einer gewissen Schnittrichtung Aehnliches zu sehen sein wird. Die wirklichen Endigungen sensibler Theilungsfasern habe ich an Längsschnitten bei Säugethierembryonen in so vielen Fällen gesehen, dass ich über gewisse Verhältnisse derselben ganz ins Reine kam, während allerdings andere mir unklar blieben. Wenn ich eben sagte, dass ich Endigungen der sensiblen Theilungsfasern beobachtete, so ist dies allerdings nicht ganz wörtlich zu nehmen, indem, was ich sah, einfach Endigungen von Längsfasern der Dorsalstränge waren. Da jedoch diese Längsfasern wesentlich, ja vielleicht ausschliesslich aus Wurzelfasern sich aufbauen, so war obiger Ausdruck wohl gestattet. Das was ich beobachtete, ist einfach Folgendes: Längsfasern der Dorsalstränge biegen unter rechtem Winkel um und treten in die *Substantia gelatinosa* ein, um schon innerhalb dieser oder jenseits derselben in der *Substantia spongiosa* in feine Aeste sich aufzulösen und genau so sich zu verhalten, wie die später zu beschreibenden collateralen Aeste der Strangfasern. Diese Umbiegungen finden sich im Ganzen genommen nicht häufig, und vermochte ich auch noch nicht zu bestimmen, ob nur an caudalwärts oder auch an cerebralwärts verlaufenden Fasern.

Meist waren diese umgebogenen Fasern feiner als ihre Stammfasern und charakterisirten sich schon dadurch als Endigungen. Doch kamen auch unter rechtem Winkel sich umbeugende Strangfasern vor, bei denen dies nicht zutraf, und dann liess sich an günstigen Objekten nachweisen, dass dieselben z. Th. eine andere Bedeutung haben. Die einen derselben sind wirkliche Endigungen und theilen sich im weiteren Verlaufe im Dorsalhorn in feinere Aeste, die anderen dagegen sind einfach Längsfasern, die in der gelatinösen Substanz unter einer zweiten Beugung wieder zu ihrer früheren Verlaufsrichtung zurückkehren.

Mit Bezug auf die sehr wichtige Frage, wie viele dorsale Wurzelfasern, d. h. Theilungsäste derselben, in die graue Substanz abbiegen, um in derselben zu enden, wie viele auf der anderen Seite zum Gehirn, d. h. der *Medulla oblongata*, emporsteigen, bin ich leider nicht im Stande, eine bestimmte Antwort zu geben. Aus dem, was über die Stärke des Dorsalstranges und seiner einzelnen Abschnitte, den *Goll*'schen und *Burdach*'schen Strängen, in den verschiedenen Höhen des Markes bekannt ist, lässt sich der Schluss ableiten, dass die distalen Aeste der sensiblen Wurzelfasern alle in die graue Substanz abbiegen, die proximalen dagegen grösstentheils zur *Medulla oblongata* emporsteigen, zum Theil vielleicht auch als kurze Bahnen ebenfalls in verschiedenen Höhen in die graue Substanz eintreten. Mit Bezug auf die letzte Annahme stütze ich mich darauf, dass an einen und denselben Längsschnitten der Dorsalstränge hier und da der Fall vorkam, dass Längsfasern, die einen in proximaler, die anderen in distaler Richtung, mit rechtwinkeligen Umbeugungen in die graue Substanz eintraten und dann endeten (s. auch Fig. 383).

Weitere von mir beobachtete Thatsachen sind folgende: Von einem Schweinsembryo von 9 cm Länge wurde eine Serie von Längsschnitten des Dorsalmarkes gemacht, deren einzelnen Schnitten in Anbetracht der Dünne des Markes, die aussergewöhnliche Länge von 1 cm gegeben wurde. An denselben kamen in den Dorsalsträngen longitudinale Strangfasern von 2—4 mm Länge in Menge vor neben einzelnen noch längeren. Von solchen mass ich eine Faser von 5,41 mm mit vier Collateralen, eine zweite von 7,41 mm mit zwei Collateralen und eine dritte längste von 8,26 mm Länge mit 9 Collateralen. Diese Faser erstreckte sich in der Länge über vier Wurzeln, welche Wurzeln um 2,28 mm von einander abstanden. Leider hatte ich bis jetzt noch keine Gelegenheit beim erwachsenen Geschöpfe den Abstand der dorsalen Wurzeln zu bestimmen, dagegen ergiebt sich durch Vergleichung der Länge des Rückenmarks bei dem genannten Embryo und beim erwachsenen Thiere, dass die Verhältnisszahl 1 : 8 ist, und hätten wir daher die gefundene Faserlänge von 8,26 mm beim Embryo für das erwachsene Thier auf 6,6 cm festzusetzen. Somit liefern auf jeden Fall diese Beobachtungen den anatomischen Beweis, dass viele Längsfasern der Dorsalstränge bedeutende Längen ohne Unterbrechung durchlaufen, eine Thatsache, für die auch die Erfahrungen über die Degenerationen dieser Stränge und ihr Verhalten nach Durchschneidungen des Rückenmarkes einstehen. Da hier nicht der Ort ist, einlässlicher auf die pathologischen Verhältnisse einzugehen, so verweise ich auf die vortrefflichen Darstellungen derselben von *Kahler* in *Toldt*'s Gewebelehre 3. Aufl.; auf *H. Obersteiner* (Anleitung beim Studium des Baues der nervösen Centralorgane 2. Aufl. 1892) und auf *L. Edinger* (Zwölf Vorles. über

den Bau der nervösen Centralorgane 3. Aufl. 1892) und bemerke über die Ergebnisse der Experimente und pathologischen Erfahrungen nur Folgendes: Zerstörungen oder Entartungen der dorsalen Wurzeln und der Dorsalstränge bewirken wesentlich eine aufsteigende sekundäre Entartung der Dorsalstränge, die unter Umständen bis zur *Medulla oblongata*, d. h. zu den Kernen des *Funiculus gracilis* und *cuneatus* reicht. Hierbei ergiebt sich ferner, dass die Fasern der sensiblen Wurzeln in ihrem Verlaufe nach oben je länger, umsomehr der Medianebene und den ventralsten Theilen des dorsalen Stranges sich nähern, so dass z. B. im Halsmarke die sensiblen Fasern der Sakralnerven am meisten ventral und medial, die der Halsnerven oberflächlich und lateral ihre Lage haben. Merkwürdiger Weise sprechen einige pathologische Erfahrungen auch für eine, auf eine kleine Strecke beschränkte absteigende Entartung nach Zerstörung einer sensiblen Wurzel, die anatomisch aus dem Vorkommen eines distalen Theilungsschenkels an den sensiblen Wurzelfasern sich erklärt.

Genaueres über den Gesammtverlauf der sensiblen Wurzelfasern könnten nur sehr mühsame anatomische Untersuchungen ergeben, bei denen vor allem an aufeinander folgenden Längsschnittserien die Zahl der in die graue Substanz nach oben und nach unten umbiegenden Fasern zu bestimmen wäre, welche anzustellen ich noch keine Musse hatte.

Bevor ich weiter gehe, muss ich nun noch über die auch in neuerer Zeit aufgetauchten Angaben mich aussprechen, dass sensible Wurzelfasern in grösserer oder geringerer Zahl von Zellen der grauen Substanz des Markes entspringen. Für die Annahme eines solchen Ursprunges lassen sich anführen:

1. Die von *Kutschin* (Arch. f. mikr. Anat. 1866, Refer. v. *Stieda* über russische Litteratur S. 525), *Freud* (Wien. Ber. 1877 Bd. 75. Abth. 3 S. 15 und 1878, Bd. 78 Abth. 3, S. 81) und *Klausner* (Münchener Ber. 1883) erhaltenen Ergebnisse, denen zufolge bei Petromyzon und Proteus eine gewisse Anzahl von Fasern der hinteren Wurzeln von Zellen des Markes entspringt.

2. Die Experimente von *Joseph* (Phys. Arch. 1887 S. 296), der gefunden hat, dass bei der Katze am zweiten Halsnerven bei Durchschneidung der sensiblen Wurzel an der proximalen Seite des Ganglion im peripherischen Stücke einige wenige Fasern entarten, während die anderen erhalten bleiben. Trennt man dagegen den Nervenstamm an der distalen Seite des Ganglion, so entarten alle seine Fasern, was beweisen soll, dass einige seiner Fasern ihr trophisches Centrum im Marke haben.

3. Neueste Erfahrungen von *Lenhossek* (Anat. Anz. 1890), der bei Hühnerembryonen gefunden hat, dass einzelne Fasern der sensiblen Wurzel mit Zellen der ventralen Hörner zusammenhängen, womit Beobachtungen von *Ramón* aus jüngster Zeit stimmen würden, dass beim Hühnchen gewisse dorsale Wurzelfasern ungetheilt in die graue Substanz eintreten und gegen die Vorderhörner verlaufen. Mir war es bei einer sorgfältigen Prüfung der Eintrittsstellen der sensiblen Wurzeln bei verschiedenen Säugethieren und beim Menschen nicht möglich, solche Fasern zu finden. Doch will ich in dieser schwierigen Frage vorläufig kein endgültiges Urtheil abgeben und nur beifügen, dass wenn solche Elemente, wie *Kutschin*, *Freud* und *Klausner* sie entdeckt haben und wie sie *Lenhossek* auch

beim Hühnchen sah, auch bei Säugern vorkommen sollten, dieselben wohl unzweifelhaft als centrifugal wirkende aufgefasst und als Gefässnerven oder in den *Sympathicus* übergehende Elemente angesehen werden müssten.

2. Collateralen der dorsalen Wurzeln und der Fasern der Dorsalstränge.

Wohl der wichtigste Fund, den *Golgi* und *Ramón y Cajal* an dem Marke von Embryonen und jungen Geschöpfen machten, ist der der oben schon erwähnten Collateralen (*Colaterales de conexion, Ramón*). Diese Seitenäste der Längsfasern der weissen Substanz aller Stränge des Markes sind an Längsschnitten ungemein leicht zu bestätigen und bilden eine der bemerkenswerthesten Eigenthümlichkeiten der feineren Struktur des Markes, die auch in physiologischer Beziehung als eine der bedeutungsvollsten erscheint. Da die Collateralen der verschiedenen Stränge gewisse Verschiedenheiten darbieten, so beschreibe ich dieselben der Reihe nach, erwähne jedoch vorher noch gewisse allen denselben zukommende Eigenthümlichkeiten. Die Stärke anlangend so sind dieselben meist feiner als die longitudinalen Strangfasern, von denen dieselben abgehen (Fig. 382) und erreichen häufig die geringsten an Nervenelementen vorkommenden Durchmesser, wie z. B. diejenigen der zartesten marklosen Achsencylinder der Hornhaut oder der Schwänze junger Froschlarven. Auf der andern Seite finden sich aber auch etwas stärkere Collateralen, die den longitudinalen Strangfasern gleichkommen (Fig. 383). Wie an diesen treten auch an den Collateralen oft Varikositäten auf, und zwar vor allem an den feineren Verästelungen und an den Enden (Fig. 383), welche unzweifelhaft Kunsterzeugnisse sind, wogegen leichte Anschwellungen an den Theilungsstellen und an den Abgangsstellen von Aesten eher als natürliche Bildungen anzusehen sind. Die Verästelungen der Collateralen geschehen meist unter spitzen Winkeln, doch kommen auch Fälle vor, in denen dieselben unter rechten Winkeln eine Menge Seitenästchen abgeben.

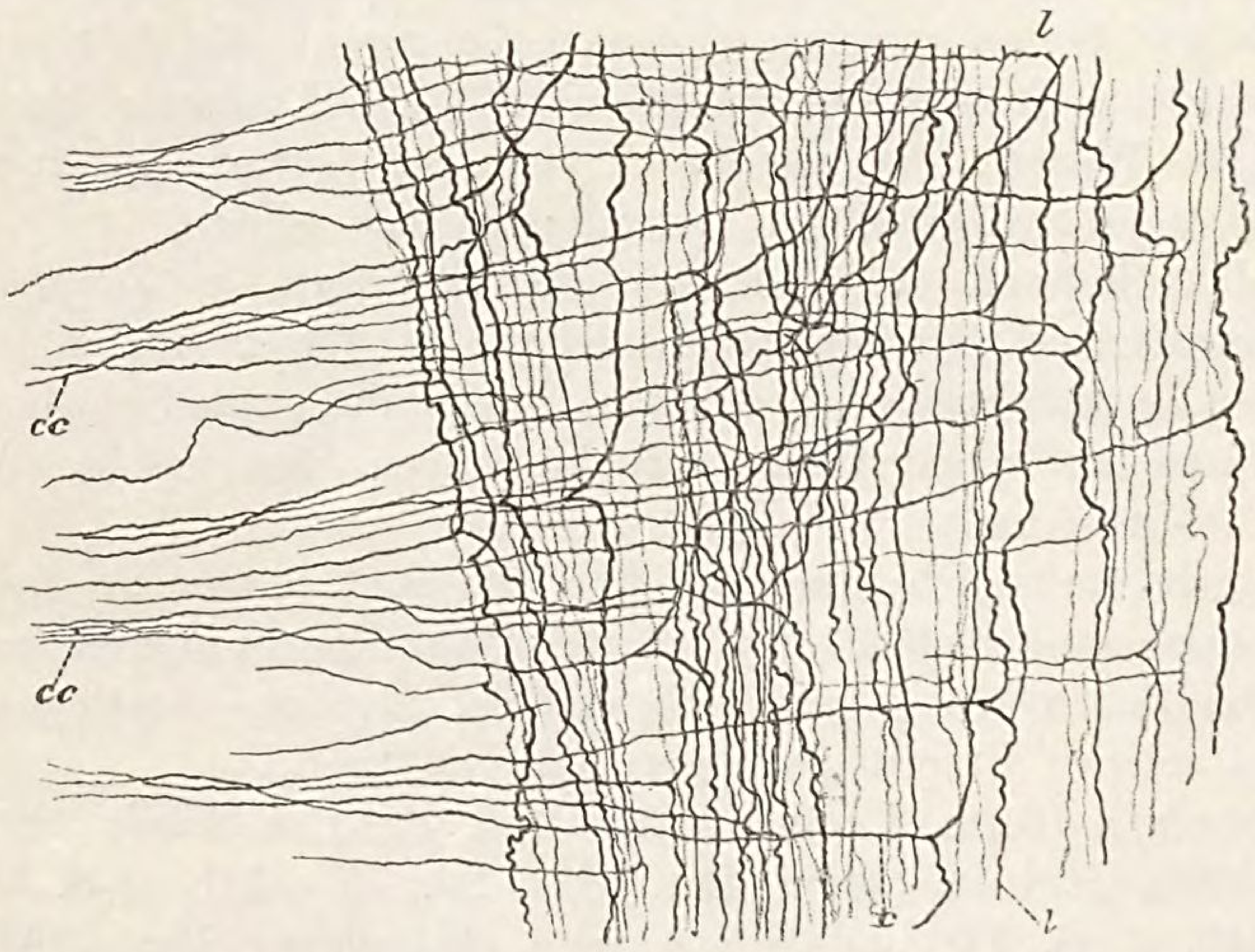


Fig. 382.

Fig. 382. Collateralen der Dorsalstrangfasern eines neugeborenen Kaninchens. Stärkere Vergr., *Golgi*.

Alle Collateralen ohne Ausnahme enden, wie es scheint, in derselben Weise, und zwar mit feinen Endbäumchen, die an die Endigungen in den einfacheren motorischen Endplatten erinnern. Diese Bäumchen bestehen aus zahlreichen kurzen Zweigelchen feinster variköser Fäserchen, welche die Körper der Nervenzellen dicht umspinnen und meist mit feinen Knöpfchen endigen (Fig. 384). Wo die Zellen gross und zahlreich sind, wie im ventralen Horne, geben diese Bäumchen sehr zierliche Bilder und erkennt man auch an guten Objekten, dass Anastomosen benachbarter Bäumchen fehlen, und dass die letzteren auch mit den Zellen nicht in direkter Verbindung stehen. Aehnliche Endigungen finden sich in der *Substantia gelatinosa*, ferner sehr zahlreich in der Grenzgegend dieser und der *Substantia spongiosa* und in den *Clarke*schen Säulen. Wie an den Endigungen, so zeigen die Collateralen auch sonst in ihrem Verlaufe keine Spur von Anastomosen, wenn auch das Gewirr derselben, von welchem die Fig. 384, 385 und 386 zum Theil sehr vollkommene Anschauungen geben, oft den Eindruck eines Netzes macht.

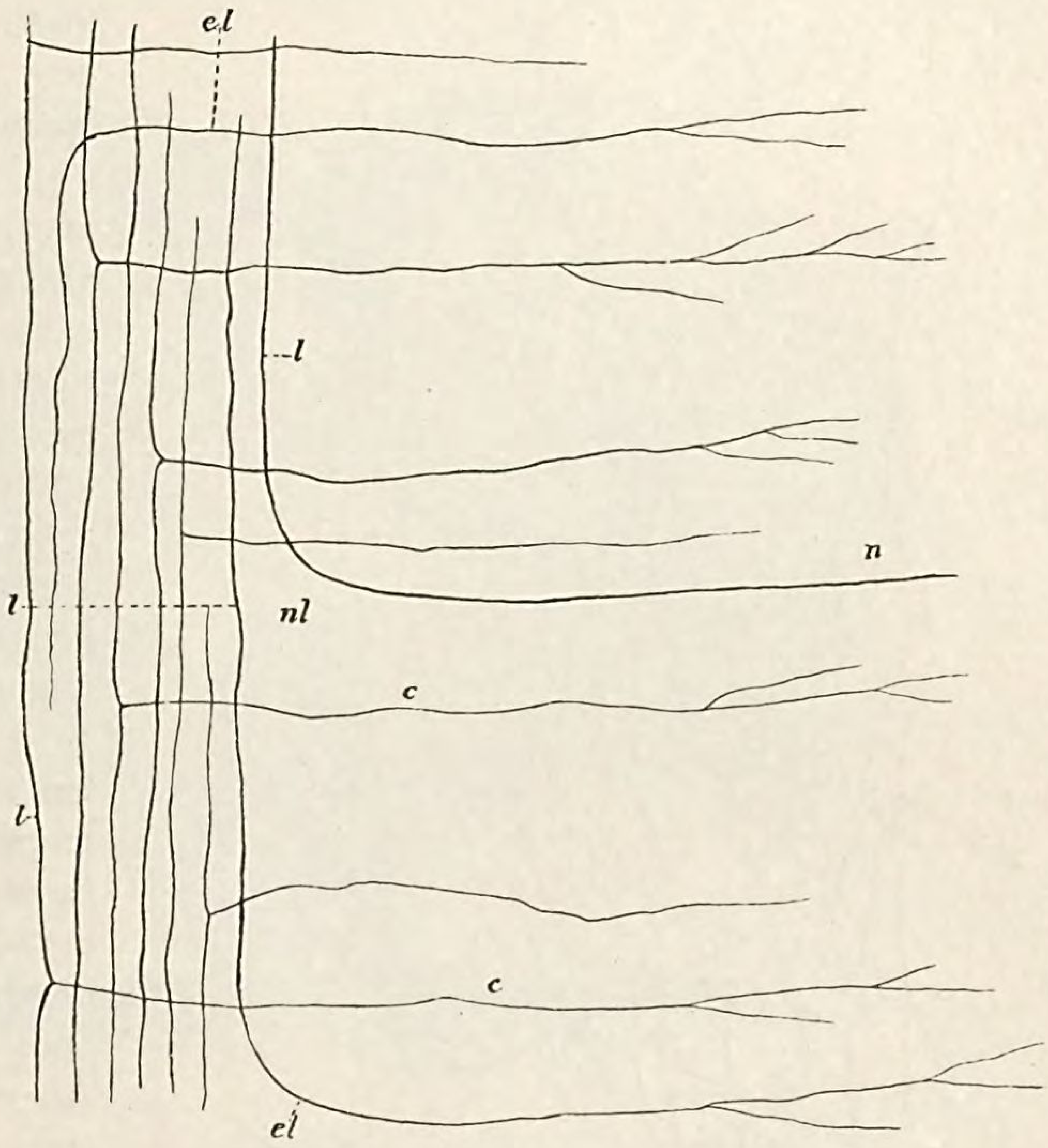


Fig. 383.

Was nun das Nähere über die Collateralen der sensiblen Wurzelfasern, ihrer Theilungsäste und der Dorsalstränge betrifft, so ist Folgendes anzumerken. Nachdem die sensiblen Wurzelfasern in die Randzone des Hinterstranges eingetreten sind, geben dieselben in gewissen Fällen noch vor ihrer Theilung einzelne Seitenästchen ab und ohne Ausnahme gehen solche von ihren beiden Theilungsästen aus (Fig. 381). Ganz in derselben Weise entsenden auch alle longitudinalen Fasern des Dorsalstranges

Fig. 383. Seitenstrangfasern eines neugeborenen Kaninchens. *c* Collateralen derselben, *el* Umbiegungen und Endigungen longitudinaler Strangfasern in der grauen Substanz, *n* nervöser Fortsatz einer nicht sichtbaren Zelle, der in eine longitudinale Strangfaser umbiegt. Mittelstarke Vergr., *Golgi*.

und der Randzone solche Collateralen und erhalten durch die grosse Zahl dieser Seitenästchen sagittale Längsschnitte dieser und der andern Stränge ein ganz eigenthümliches Gepräge, welches die Figg. 380 und 382 gut wiedergeben. Doch ist zu bemerken, dass vor allem in der Fig. 382 gewisse Verhältnisse als nicht natürliche, sondern durch die Reagentien hervorgerufene zu bezeichnen sind, und zwar einmal die starken Schlängelungen der Längsfasern und zweitens die Knickungen, welche dieselben an den Abgangsstellen der Collateralen zeigen. Durchmustert man viele Präparate, so findet man, wie bei Fig. 383, in vielen Fällen die Längsfasern mehr gestreckt mit nur geringfügigen Biegungen und selbst ohne solche verlaufend und die Collateralen unter rechten Winkeln unmittelbar von denselben oder von einer kleinen dreieckigen Verdickung abgehend.

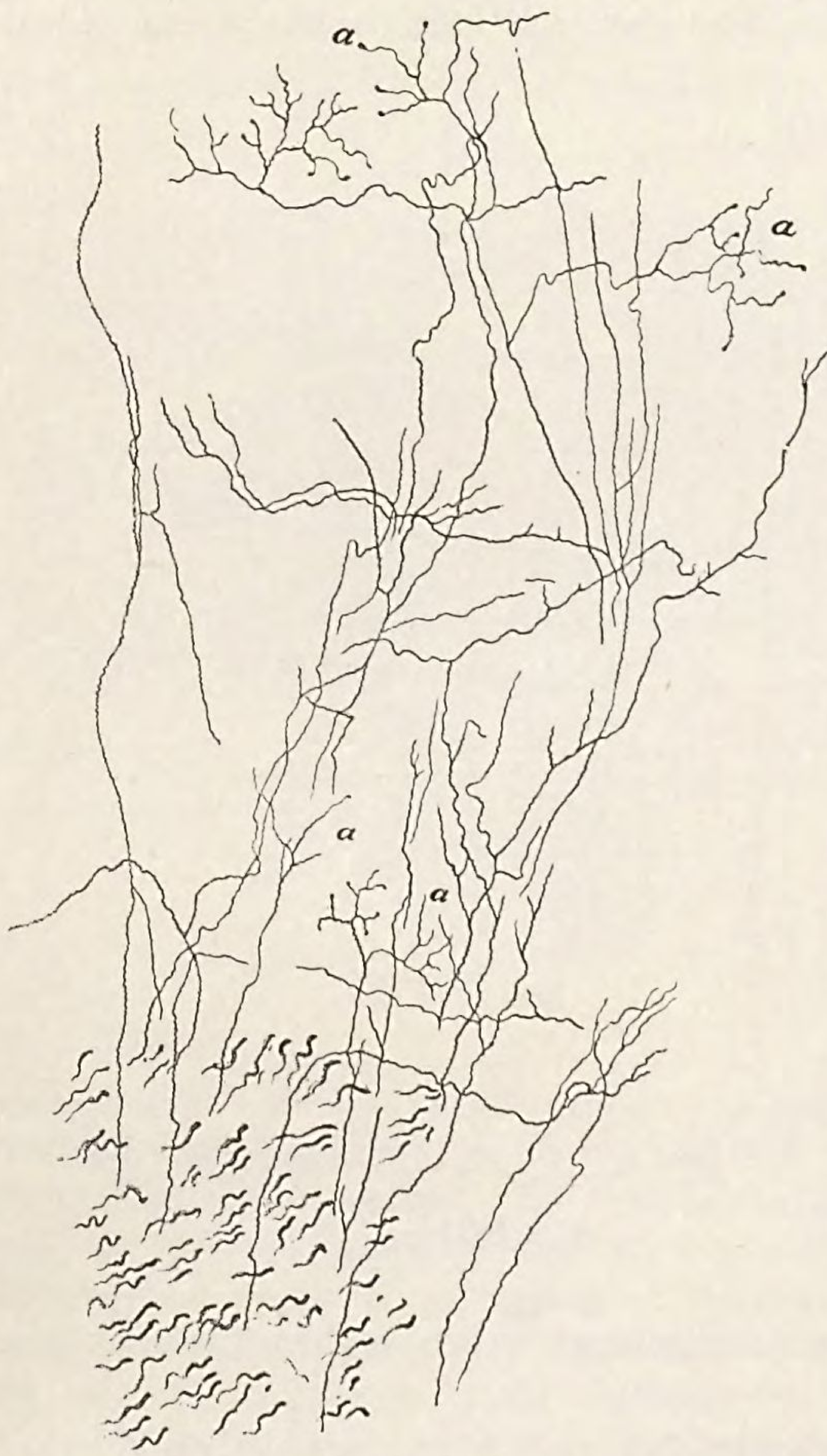


Fig. 384.

Die Zahl der Collateralen anlangend, die die Theilungsäste der sensiblen Wurzelfasern und die Längsfasern der Dorsalstränge überhaupt abgeben, so lehrt die unmittelbare Beobachtung Folgendes: An einer und derselben Faser sieht man sehr häufig zwei und selbst drei (Fig. 383), an sehr langen Fasern (siehe oben) selbst bis zu 9 Collateralen, welche in geringeren oder grösseren Abständen auf einander folgen, deren Grösse ich in maximo auf 1—3,7 mm bestimmte, während auf der anderen Seite die Collateralen da und dort nur um 0,1—0,2 mm und noch weniger von einander entfernt waren. In Betreff des Vorkommens der Collateralen überhaupt findet man an Schnitten aus allen Gegenden des Markes, aus der Lendenanschwellung, dem Dorsaltheile, der Halsanschwellung, dem oberen Halstheile, so ungemein viele Collateralen, dass es nur seltener gelingt, Fasern zu finden, die keine Seitenästchen entsenden. Mit

Fig. 384. Aus dem Dorsalstrange in die graue Substanz eintretende Collateralen mit Endigungen bei *a* vom neugeborenen Kaninchen. Stärkere Vergr., *Golgi*.

diesen an Längsschnitten zu machenden Wahrnehmungen stimmt das überein, was an Querschnitten zu sehen ist, die lehren, dass in allen Höhen des Markes aus allen Gegenden der Dorsalstränge mit Inbegriff der Randzone, den oberflächlichen sowohl wie den mittleren und tiefsten Theilen derselben, Collateralen abstammen (Fig. 385), und ziehe ich hieraus den Schluss, dass die Mehrzahl der Längsfasern der Dorsalstränge Collateralen abgeben. Zweifelhaft bleibt jedoch hierbei, ob die Fasern, die ununterbrochen bis zur *Medulla oblongata* aufsteigen, in allen Theilen ihres Verlaufes Collateralen ent-

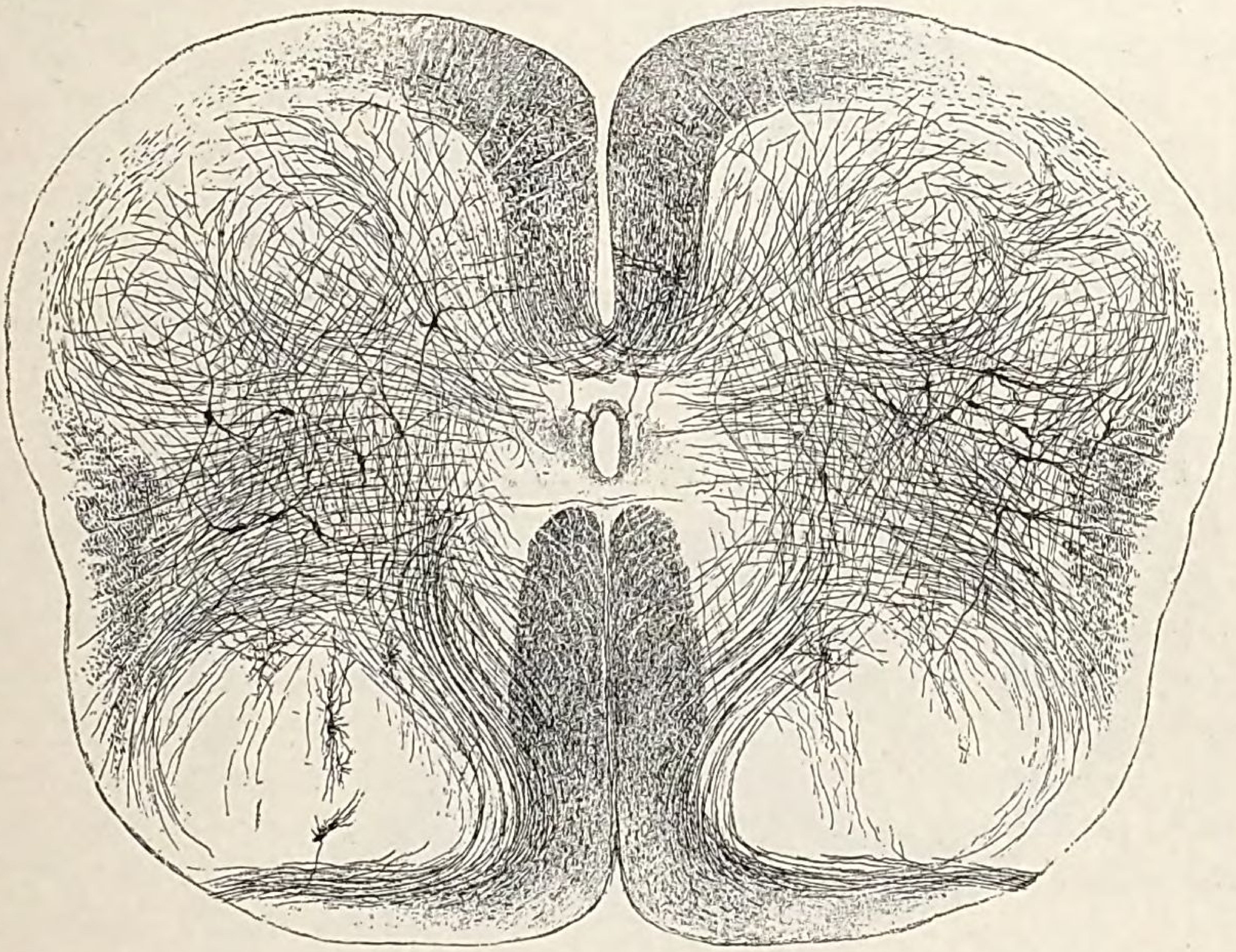


Fig. 385.

senden und kann ich in dieser Beziehung vorläufig nur die oben gemeldete Thatsache namhaft machen, dass bei einem Schweineembryo von 9 cm Länge im Dorsalmark Fasern von 5,41, 7,41 und 8,26 mm Länge gefunden wurden, die 4, 2 und 9 Collateralen abgaben, Fasern, die unzweifelhaft solchen von 40—60 mm im Marke des erwachsenen Geschöpfes entsprechen. Allein auch diese Beobachtungen bringen noch keine Entscheidung und muss ich daher vorläufig die Frage unerledigt lassen, in welcher Ausdehnung die langen sensiblen Leitungsbahnen mit Collateralen versehen sind, und möchte nur so viel

Fig. 385. Querschnitt des Lendenmarks eines menschlichen Embryo von 6 Monaten, vergr. Breite des Markes 4,7 mm, Dicke desselben 3,5 mm. Von Strängen sind gut entwickelt die ventralen und dorsalen, weniger die lateralen. Die weissgelassene Zone der Seitentheile enthielt ungemeine Mengen von radiärgestellten Gliazellen. In der grauen Substanz Collateralen und Fortsätze von Strangzellen, von welchen letzteren eine gewisse Zahl dargestellt sind. Im ventralen Horne durch den Faserverlauf zwei Nester von motorischen nicht gefärbten Zellen bezeichnet. Methode von *Golgi*.

sagen, dass die grössere Wahrscheinlichkeit dafür spricht, dass dieselben in ihrem gesammten Verlaufe Nebenäste abgeben.

Bei Würdigung dieser Verhältnisse ist übrigens ein Punkt wohl zu beachten, der die Entscheidung erschwert, nämlich der, dass an manchen Präparaten die Collateralen minder gut oder gar nicht gefärbt sind. Dieselbe Wahrnehmung macht man auch oft an den longitudinalen Strangfasern selbst. So habe ich Fälle gesehen, in denen bei jungen Embryonen, die sicher viele marklosen Fasern besassen, keine einzige Faser der Stränge gefärbt war, und wiederum

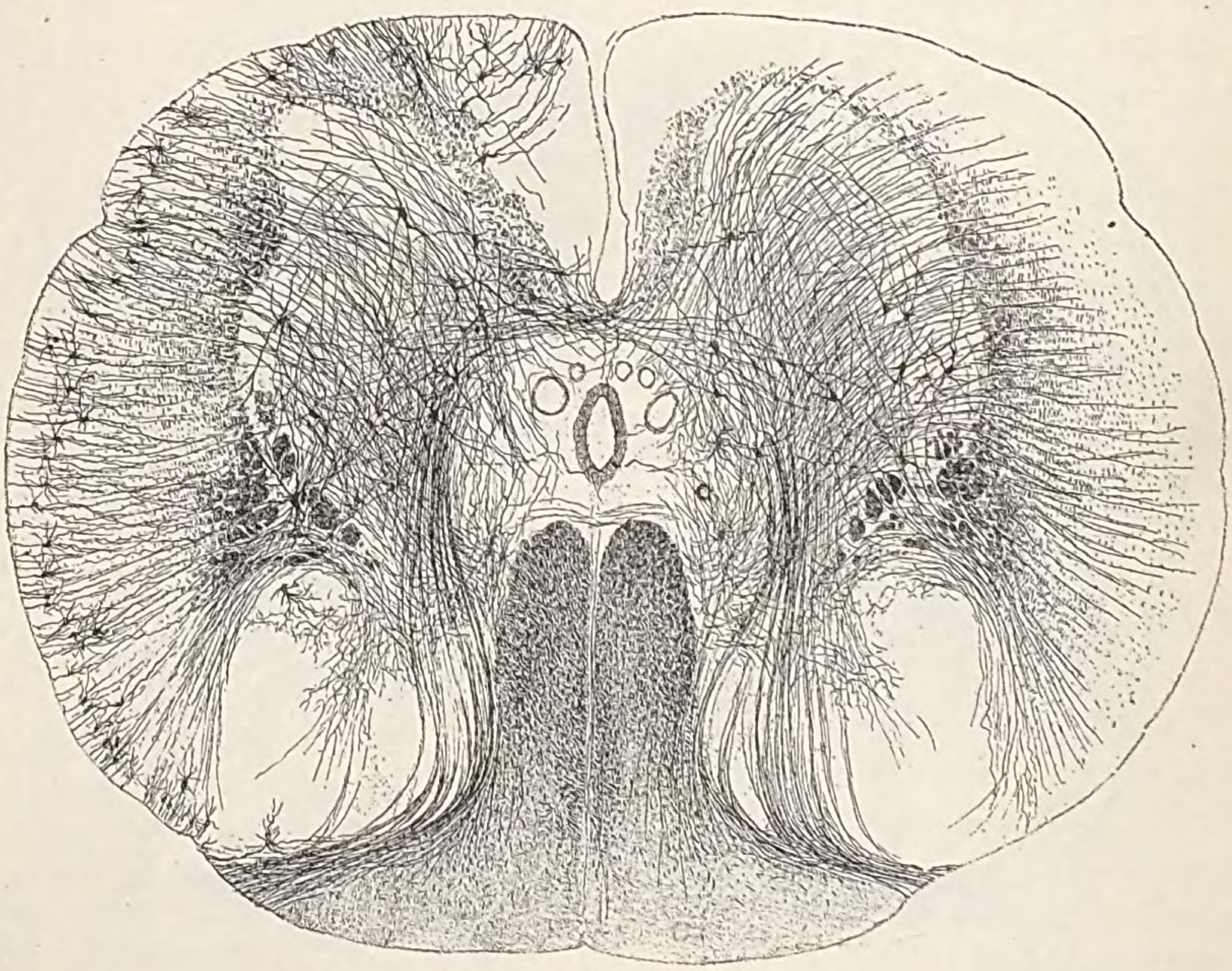


Fig. 386.

andere, in denen wohl Strangfasern, aber keine Collateralen sichtbar waren. Solche Objekte darf man selbstverständlich zur Ermittlung der Fragen, die ich hier bespreche, nicht benutzen und hat man sich nur an die zu halten, die vollkommene Färbungen zeigen, die man bei einiger Erfahrung bald herausfindet. Immerhin ist zu bemerken, dass auch hie und da an scheinbar gut gelungenen Präparaten Faserabschnitte vorkommen, die keine oder fast keine Collateralen zeigen. So fand ich z. B. im Halsmarke eines Rindsembryo von 22 mm in der dorsalen Ecke der Dorsalstränge ein

Fig. 386. Querschnitt des Halsmarkes des Embryo der Fig. 385. Breite des Markes 4,7 mm, Dicke ebensoviel. Sehr bemerkenswerth ist, dass die ventrale Pyramidenbahn keine Achsencylinder zeigt und die laterale Pyramidenbahn nur wenige. Diese Bahnen scheinen somit noch gar nicht angelegt zu sein. Auf der linken Seite des Markes sind die oberflächlichen Gliazellen mit ihren Ausläufern dargestellt. Weisse Substanz mächtiger entwickelt als im Lendenmark mit Ausnahme der Ventralstranggrundbündel (*Golgi*).

kleines kompaktes Faserbündel, das keine solchen Ausläufer besass, während dieselben in allen übrigen Theilen der Dorsalstränge gut entwickelt waren. Aehnliches kommt auch manchmal an der ventralen Spitze der Dorsalstränge vor, doch ist es mir leider noch nicht gelungen, in dieser Beziehung bestimmte Gesetze aufzufinden.

Der Verlauf der sensiblen Collateralen, wie ich die Seitenäste der Dorsalstrangfasern heisse, ist im Allgemeinen der, dass dieselben aus der Spitze und den lateralen Theilen der Dorsalstränge, sowie aus der gesammten Randzone in die graue Substanz der Dorsalhörner eintreten und in derselben mehr oder weniger weit nach der ventralen oder motorischen Seite verlaufen, um schliesslich in verschiedenen Gegenden und selbst in den ventralen Hörnern derselben Seite ihr Ende zu erreichen. Zum richtigeren Verständnisse dieser Verhältnisse beachte man, dass bei Embryonen die Dorsalhörner eine ganz auffallende Entwicklung zeigen, so dass dieselben den Ventralhörnern in der Breite gleich kommen, oder dieselben sogar übertreffen, wie die Fig. 385 und 386 dies lehren. Ungemein mächtig ist vor allem die *Substantia gelatinosa*, die wie ein grosses querovales Feld die Hauptmasse der Dorsalhörner bildet und in ganz anderer Form auftritt als bei ausgebildeten Geschöpfen. Dazu kommt, dass dieselbe in ihrer ganzen Breite von sensiblen Collateralen durchsetzt wird, die in Gestalt von stärkeren und schwächeren Bündeln von 5—10—15 und mehr Fasern theils aus der gesammten Randzone, theils aus den lateralen Seiten der Dorsalstränge im engeren Sinne in sie eintreten. Diese Bündel ziehen theils in geradem Verlaufe, theils bogenförmig und schief durch die gelatinöse Substanz hindurch, welches letztere besonders für die Collateralen gilt, die aus den eigentlichen Dorsalsträngen und aus den lateralen Theilen der Randzone stammen. Die erwähnte Anordnung der sensiblen Collateralen in Bündeln zeigt sich nun übrigens nicht nur an Querschnitten, sondern auch an Längsschnitten (*Koelliker* Nr. V Fig. 9), die ebenfalls in allen sagittalen Ebenen über einander liegende Fascikel dieser Fasern ergeben.

Verfolgt man den weiteren Verlauf der sensiblen Collateralen, so ergiebt sich, dass dieselben in sehr verschiedenen Gegenden enden. Ich unterscheide:

a) Endigungen innerhalb der *Substantia gelatinosa*. An guten Präparaten findet man in allen Höhen der *Substantia gelatinosa* Theilungen von sensiblen Collateralen, die, wenn man sie verfolgt, auch zu den oben beschriebenen Endigungen führen. Von diesen Elementen sind in der Fig. 15 meiner Rückenmarksarbeit einige dargestellt, unter denen besonders auch die der Randzone parallel verlaufenden Elemente alle Beachtung verdienen. Im Ganzen färben sich diese Elemente nicht leicht, wie dies auch von den lateralen radiären Bündeln der *Substantia gelatinosa* gilt; ist aber das Präparat gelungen, so überzeugt man sich, dass diese Substanz immerhin in ihrer ganzen Ausdehnung eine namhafte Menge Endigungen von Collateralen enthält. Bei *Ramón y Cajal* finde ich auch in seiner neuesten Mittheilung diese Collateralen nicht erwähnt und nicht abgebildet (s. IV. Fig. 6 *a* auf p. 18), ebensowenig bei *v. Lenhossek* und *v. Gehuchten*.

b) Ganz anderes gilt von den Collateralen der Grenzgegend zwischen der *Substantia gelatinosa* und *spongiosa*. Hier findet sich in allen Gegenden des Markes eine solche Zahl von Verästelungen und Endigungen

der Collateralen, dass ein dichter feiner Faserfilz entsteht, dessen Elemente nicht auf weitere Strecken zu verfolgen sind. An Querschnitten (*Koelliker*, Nr. V Fig. 15, 27 und Fig. 387 hier) nimmt dieser Filz, den ich den Plexus der *Substantia gelatinosa* nenne, die ganze ventrale Seite der *Substantia gelatinosa* ein und erscheint wie durch eine Auflösung vieler der radiären Collateralenbüschel gebildet, was an Längsschnitten noch deutlicher hervortritt, welche zugleich lehren, dass der Plexus auch in der Längsrichtung ein ganz zusammenhängender ist.

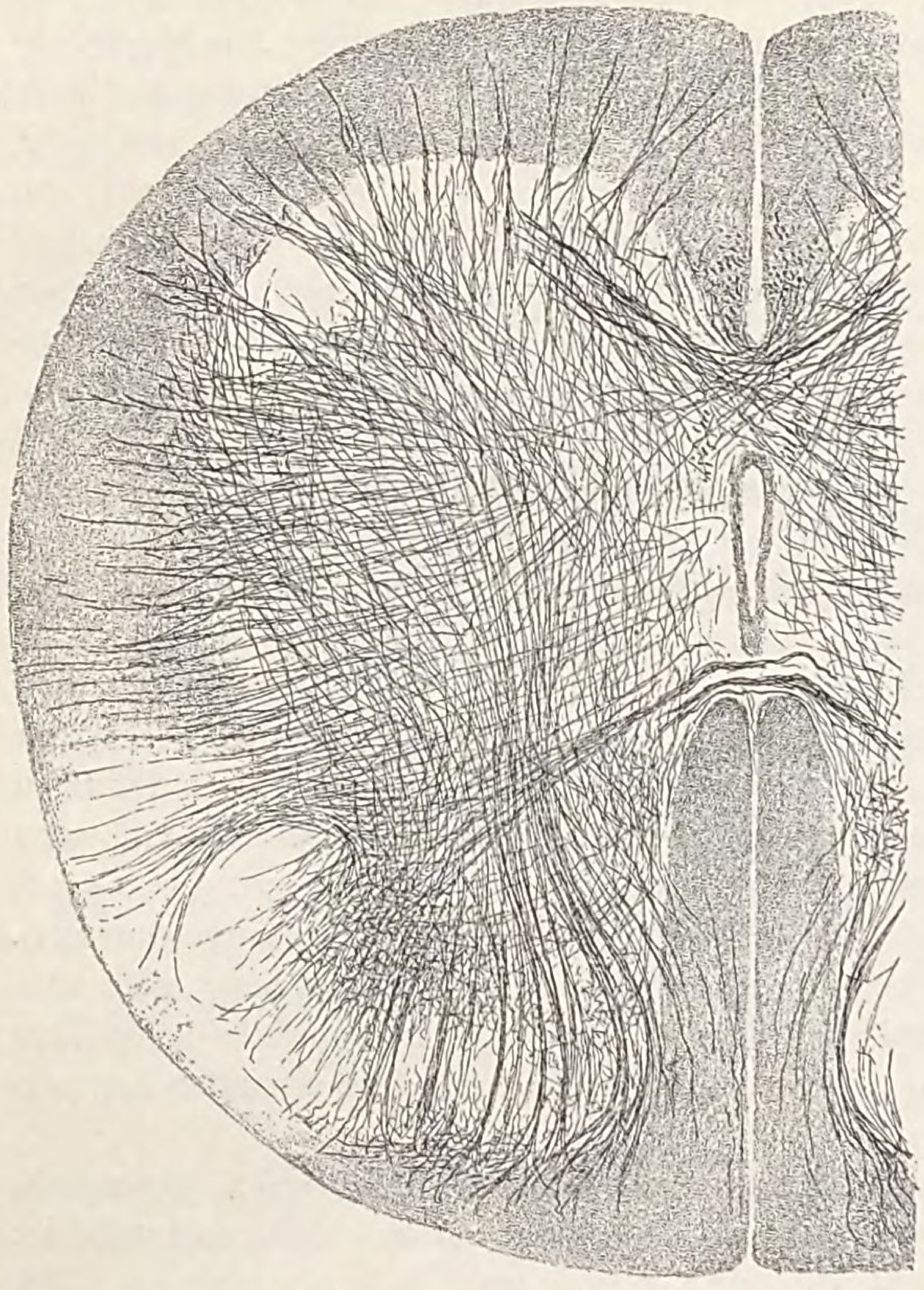


Fig. 387.

c) Wo *Clarke*'sche Säulen vorkommen ziehen die Collateralen, die aus den Dorsalsträngen selbst austreten, und vor allem diejenigen der Spitze derselben unmittelbar zu dieser Zellengruppe und lösen sich da in einen dichten Haufen von gröberen und feineren Verästelungen auf, die ganz denselben Charakter an sich tragen wie der sub b erwähnte Filz (Fig. 384). An Längsschnitten erscheint dieser Filz ebenfalls als ein ganz zusammenhängender (*Koelliker*, Nr. V Fig. 9).

d) Bei gewissen Geschöpfen, wie bei der Katze, zeigt sich bei neugeborenen Thieren eine deutliche dorsale Kommissur (Fig. 387). Untersucht man dieselbe genauer, so ergiebt sich, dass sie aus Collateralen besteht, die den lateralen Randtheilen der *Substantia gelatinosa* entstammen, und ausserdem Elemente enthält, die in den Filz der Grenzgegend der *Substantia gelatinosa* und *spongiosa* sich auflösen, woraus wohl der Schluss abgeleitet werden darf,

Fig. 387. Querschnitt durch die Halsanschwellung einer neugebornen Katze mit den Collateralen aller Stränge und beiden Kommissuren. Die dicken Züge in der *Comm. alba* sind Dendriten von nicht sichtbaren Zellen, die in der Kommissur sich kreuzen. Breite des Markes 3,0—3,2 mm, Dicke 2,3—2,5 mm (*Golgi*).

dass dieselbe aus einer Kreuzung der Collateralen von rechts und links besteht. Von dieser Kommissur ist noch zu erwähnen, dass dieselbe keine in der Längsrichtung zusammenhängende ist, sondern aus vielen hinter einander liegenden Bündelchen besteht. Eine ganz ähnliche Kommissur hat *M. v. Lenhossek* von erwachsenen Meerschweinchen beschrieben (Arch. f. mikr. Anat. Bd. XXXIV, Taf. IX, Fig. 4). Andeutungen einer von Collateralen gebildeten *Commissura grisea* sah ich auch bei anderen Embryonen, aber nirgends war dieselbe auch nur annähernd so ausgebildet, wie bei der Katze. Vom Menschen ist die graue Kommissur längst bekannt (Fig. 374, 376) und besteht aus zwei Hauptbündeln, einem an der ventralen und einem an der dorsalen Seite des Centralkanals. Auch *Golgi*'sche Präparate zeigen Theile dieser Fasern (Fig. 386).

In seiner neuesten Mittheilung giebt *Ramón y Cajal* eine Beschreibung und Abbildung (No. IV Fig. 6 *a*) der dorsalen Kommissur des neugebornen Hundes, an welcher er drei Abtheilungen unterscheidet und zwar ein ventrales und ein dorsales Bogenbündel und einen mittleren mehr querverlaufenden Zug.

Das ventrale Bogenbündel liegt unmittelbar an der Dorsalseite des Centralkanales und ventral von den *Clarke*'schen Säulen. Dasselbe wird von feineren und gröberen Fasern gebildet, die dem Centralkanale ihre Konkavität zuwenden und seitlich nach allen Richtungen ausstrahlen, um zum Theil sich fein zu verästeln. Die Herkunft der Fasern dieses Abschnittes der Kommissur ist zweifelhaft. Die stärkeren Fasern desselben könnten von Collateralen der Ventralstränge abstammen oder nervöse Fortsätze sein, welche *Ramón y Cajal* in der That in zwei Fällen in die betreffenden Kommissurenabschnitte eintreten sah (pg. 9).

Das dorsale Bogenbündel hat seine Konvexität nach der ventralen Seite zu und besteht aus Collateralen der Dorsalstränge, welche auf die andere Seite tretend in den benachbarten Theilen des ventralen Geflechtes der *Substantia gelatinosa* enden.

Das mittlere quer verlaufende Bündel zieht mitten durch die *Clarke*'schen Säulen durch und endet in den lateralen Theilen des Geflechtes der *Substantia gelatinosa*, indem dessen Fasern hier pinselförmig auseinander fahren. Die Elemente dieses Kommissurenantheils stammen zum Theil von Collateralen des Seitenstranges, zum Theil ist ihre Herkunft zweifelhaft.

Meine eigenen Erfahrungen über die graue Kommissur des Hundes gehen nicht weit. Bei einem Hunde von 4 Tagen fand ich am dorsalen Theile des Markes das Auffallende, dass die beiden *Substantiae gelatinosae* vor den wenig entwickelten Dorsalsträngen unmittelbar aneinander stiessen. Eine gut entwickelte Kommissur zog bogenförmig mit ventraler Konvexität grösstentheils zwischen den *Clarke*'schen Säulen und dem Geflechte der *Substantia gelatinosa* durch, besass aber doch auch einige Fasern in dem genannten Geflechte, aber keine in den *Clarke*'schen Säulen und keine an der ventralen Seite derselben. Schnitte des Lendenmarkes zeigten nichts von einer *Commissura dorsalis* und die Halsanschwellung und das obere Halsmark nur ganz schwache Andeutungen derselben, wogegen am Anfange der Pyramiden-

kreuzung diese Kommissur ganz gut entwickelt war und theils von Collateralen des Dorsalstranges mit Inbegriff der Randzone theils von solchen des Seitenstranges abstammte und mit ihren Fasern wie gewöhnlich endete.

Für ein normales Vorkommen der dorsalen Kommissur sprechen auch die neuesten Untersuchungen von *v. Gehuchten.* Derselbe fand beim Kalbsembryo von 55 cm im Halsmarke drei Bündel (la Cellule VII 1, Pl. 2 Fig. 18). Das ventralste war schwach und was seine Herkunft betrifft, zweifelhaft; das mittlere starke mit ventraler Konvexität stammte wesentlich von Collateralen des Seitenstranges und der Randzone, das dorsale endlich war auf die lateralen Collateralen des Dorsalstranges zurückzuführen, die dicht an der Ventralseite der Dorsalstränge sich kreuzten und lateralwärts im Plexus der *Substantia gelatinosa* sich verloren. Im Lendenmarke desselben Embryo war nur die mittlere Kommissur vorhanden. Bei einer neugeborenen Katze sah *v. Gehuchten* im Lendenmarke nur Eine dorsale Kommissur (l. c. Fig. 19), ebenso bei einer Ratte. Auch *v. Lenhossek* lässt diese Kommissur aus Collateralen sich aufbauen (VII S. 89).

e) Viele Collateralen der sensiblen Sphäre enden ferner im eigentlichen Dorsalhorne vor der *Substantia gelatinosa* und ihrem Plexus und neben dem Plexus der *Clarke*'schen Säulen, doch ist der hier vorkommende Filz nicht so dicht, wie an den eben genannten Orten und erscheint daher diese Gegend selbst an gut gefärbten Präparaten meist lichter. Die Collateralen, die diesen Plexus liefern, stammen vorzugsweise aus der Randzone der *Substantia gelatinosa,* zum Theil auch aus dem Dorsalstrange.

f) Endlich erwähne ich noch als eine sehr wichtige Gruppe diejenigen sensiblen Collateralen, die in das Ventralhorn der gleichen Seite eindringen, welchen *Ramón y Cajal* neulich den Namen „*Antero-posteriores*“ (besser *dorso-ventrales*) oder „*Sensitivo-motoriae*“ gegeben hat. Diese Collateralen entspringen zum Theil im eigentlichen Dorsalstrange, zum Theil im medialen Theile der Randzone, sammeln sich in der *Substantia spongiosa* zu starken Bündeln und dringen als kompakte, an stärkeren Fasern reichere Massen geraden Weges in das Ventralhorn, in dem sie nach allen Seiten in ihre Elemente auseinander fahren und in den Gegenden der Nervenzellengruppen in feinste Aeste sich auflösen (Fig. 385, 386, 387). In gewissen Fällen, wie in den Figg. 385, 386, sondern sich die für den seitlichen Theil des ventralen Horns bestimmten Bündel von den für das eigentliche ventrale Horn bestimmten und entsteht dann eine zierliche Kreuzung dieser Collateralen, die ich alle einfach als Reflexcollateralen der sensiblen Wurzeln bezeichne.

3. Motorische Wurzeln, Ventrale- und Seitenstränge.

a) Die motorischen Wurzelfasern entspringen von den nervösen Fortsätzen grösserer oder kleinerer Nervenzellen aller Theile der ventralen Hörner. Höchst wahrscheinlich geben die kleinen Zellen den feinern Fasern der vordern Wurzeln, die *Siemerling* und *Gaskell* in neuerer Zeit besonders betonten, den Ursprung, die grossen Zellen den dicken Fasern. Die nervösen Fortsätze dieser Zellen geben nach *Golgi* feine Aestchen ab, die in der grauen Substanz verlaufend, in noch unbekannter Weise enden.

Mir selbst sind früher keine solchen Aestchen vorgekommen (Rückenmark S. 27), ebenso *v. Gehuchten*, während *Ramón* einmal bei einer Ratte und 4 oder 5mal bei einer Taube solche Aestchen wahrnahm. Vor kurzem meldet dagegen *M. v. Lenhossek*, dass er solche „motorische Collateralen“ als häufige Erscheinungen im Marke des Hundes, der Katze und des Menschen finde, während er dieselben bei Fischen, Vögeln und auch bei kleinen Säugern vermisse. Konstant seien dieselben auch bei den ersteren nicht und handle es sich in der Regel nur um spärliche (1—2, höchstens 4) und stets sehr un-

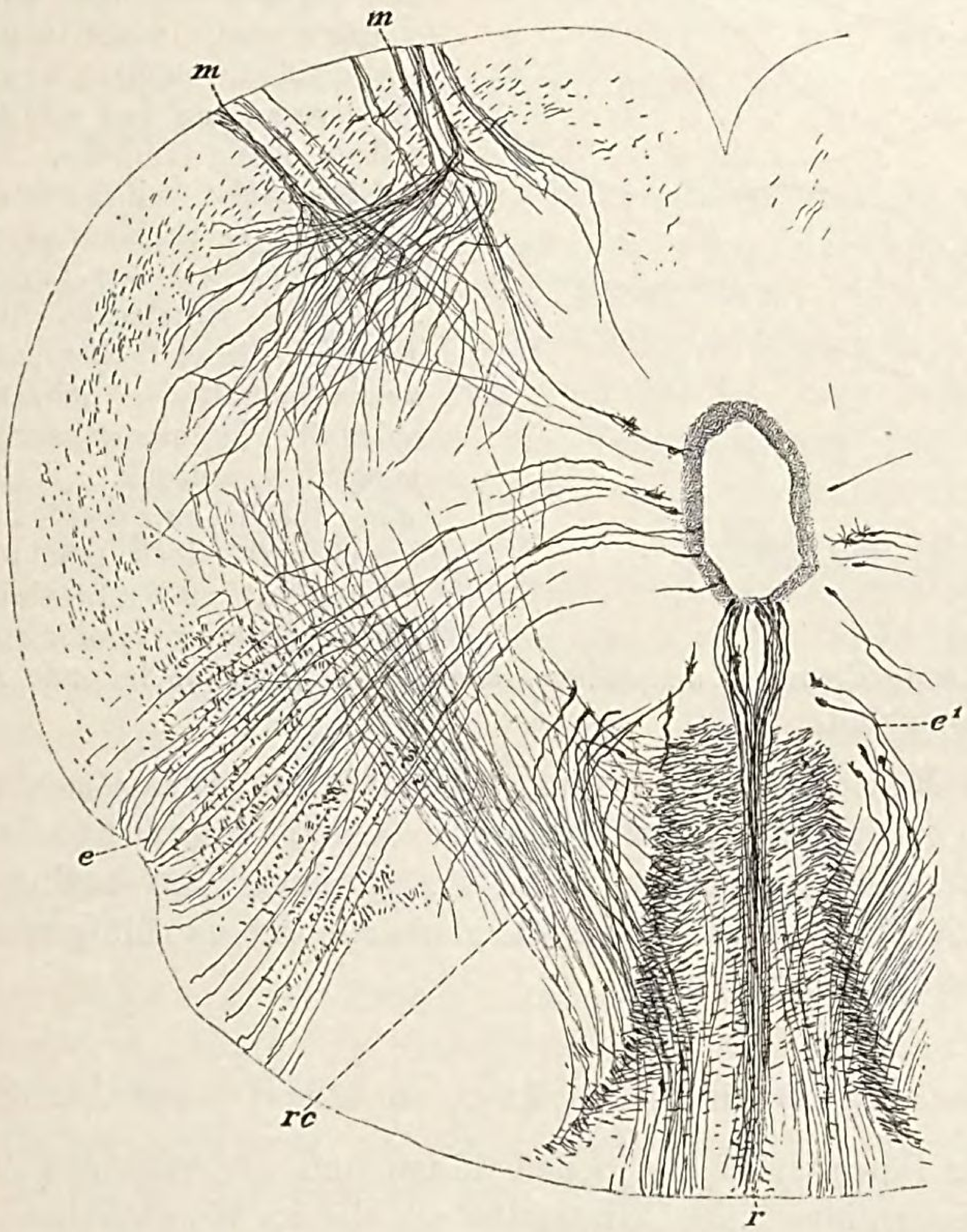


Fig. 388.

scheinbare Bildungen (VII S. 65 Fig. 16 und Taf. II). — Ich habe mich nun auch selbst von dem Vorkommen solcher Collateralen überzeugt und zwar an einem Objekte, das nicht günstiger hätte sein können. An einer Serie von Querschnitten des Markes eines 4 Monate alten menschlichen Embryo (Fig. 388) waren an vielen Schnitten sozusagen nur die motorischen Wurzeln in ihren Bündeln innerhalb des ventralen Stranges und in hrer Ausstrahlung in die graue Substanz der ventralen Hörner gefärbt, dagegen keine

Fig. 388. Querschnitt des Halsmarkes eines menschlichen Embryo von 4 Monaten. Durchmesser des Markes 2,7 mm in der Breite, *Diam. dorso-ventralis* 2,0 mm. *m* Motorische Wurzeln, *r* Raphe der dorsalen Ependymzellen zwischen den dorsalen Strängen. Von den dorsalen Strängen strahlen Reflexcollateralen in das ventrale Horn. Ependymfasern kreuzen dieselben.

Collateralen, keine Zellen, keine Achsencylinder der Strangzellen zu sehen, nur wenige Ependymzellen. An diesen Schnitten nun bildete jede motorische Wurzel beim Eintreten in die graue Substanz eine zierliche pinselförmige Ausstrahlung, die z. Th. mit einer starken Knickung in die ventrale laterale Ecke der grauen Substanz einzog, z. Th. mehr geradlinig in die dorsale laterale Ecke derselben ging. An diesen motorischen Achsencylindern nun, die auf grosse Strecken ganz frei lagen, war es verhältnissmässig leicht, die Frage nach dem Vorkommen von Collateralen zu entscheiden und ergab sich einmal, dass solche sehr spärlich sind, indem in keiner Wurzelausstrahlung mehr als ein oder zwei Fälle vorkamen und zweitens, dass dieselben theils einfache, nur wenig verästelte, meist, wie auch *v. Lenhossek* sie darstellt, rückläufige, äusserst zarte Bildungen darstellen (Fig. 389). Gestützt auf diese Ergebnisse nehme ich die Deutung, die ich früher diesen Ausläufern vermuthungsweise gab, dass dieselben ebenfalls in motorische Wurzelfasern auslaufen, zurück. Welche Funktion diese spärlichen Fäserchen haben, bleibt zweifelhaft, doch möchte ich glauben, dass es näher liegt, dieselben, ebenso wie die Collateralen der Strangzellen, als cellulifugal wirkende Elemente anzusehen, denn als cellulipetal leitende Apparate, wie *v. Lenhossek* annimmt.

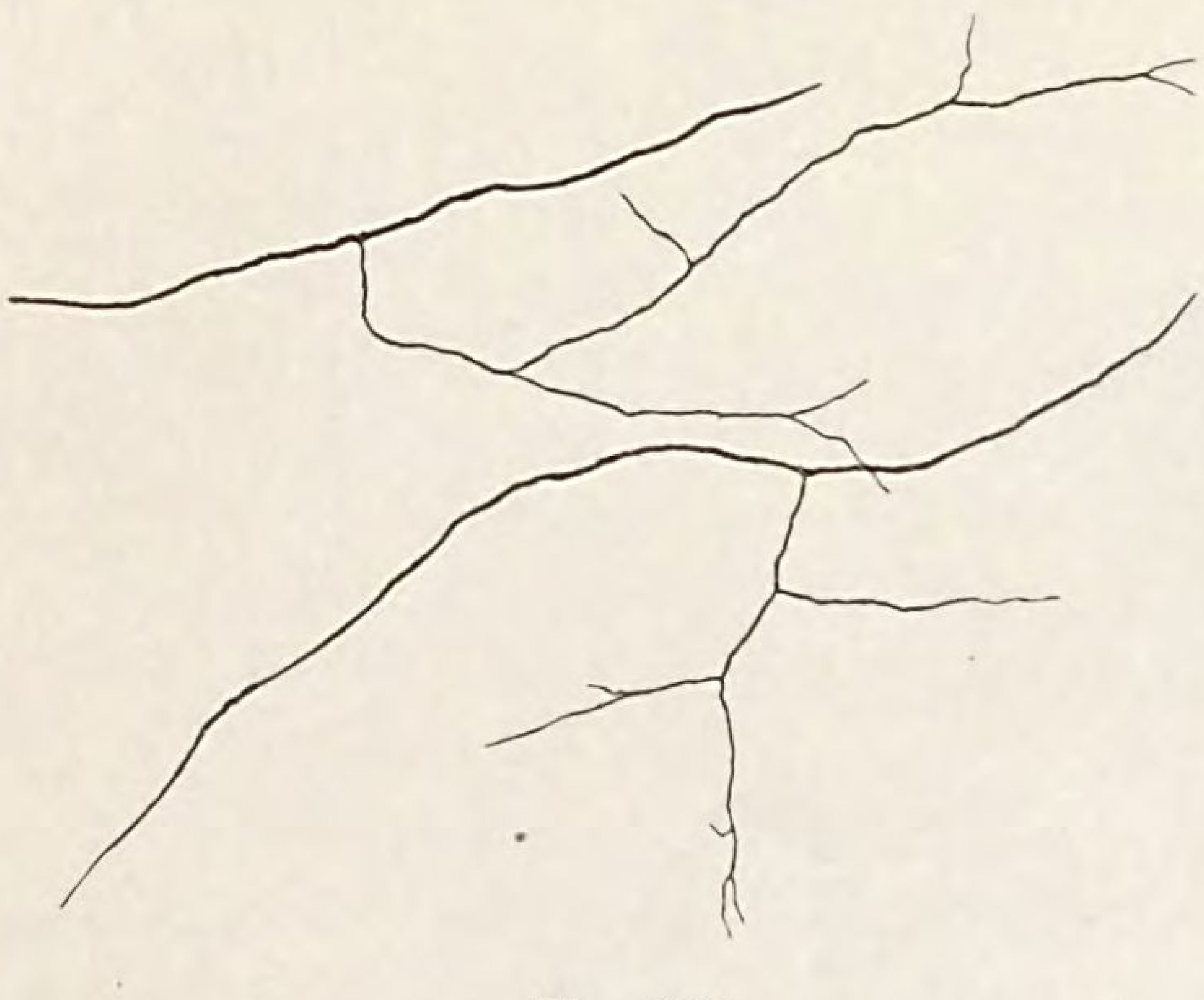


Fig. 389.

b) Die Bauchstränge und die Seitenstränge des Markes bestehen z. Th. aus Nervenfasern, die vom Gehirn herunterlaufen (Pyramidenbahnen), z. Th. aus Fasern, die von gewissen Nervenzellen des Markes entspringen, wie die Kleinhirnseitenstrangbahnen und die übrigen Abtheilungen der ventralen und Seitenstränge.

4. Collateralen der Seitenstränge und der ventralen Stränge.

Auch die Längsfasern der Seitenstränge und der ventralen Stränge geben allem Anscheine zufolge Alle Collateralen ab, die im Wesentlichen eben so sich verhalten, wie diejenigen der sensiblen Wurzelfasern und der dorsalen Stränge. Wenn ich sage „Alle“, so berufe ich mich darauf, dass an guten Längsschnitten dieser Stränge keine längere longitudinale Faser derselben zu finden ist, die nicht Collateralen entsendete. Diese Seitenästchen, welche die Seitenstrang- und Ventralstrangcollateralen heissen sollen (Fig. 385—387), bilden in der grauen Substanz ein dichtes Gewirr um die Nervenzellen herum, besitzen aber doch im Ganzen genommen einen bestimmten Verlauf.

Die Collateralen der Seitenstränge ziehen vorwiegend medianwärts in den ventralen Theil der dorsalen Säulen und in die *Clarke*'schen Säulen, wo solche vorkommen, theils in die ventralen Hörner zu den verschiedenen motorischen Zellenhaufen. Einzelne dieser Fasern wenden sich auch in die Grenz-

Fig. 389. Einige motorische Fasern der vorigen Figur mit Collateralen.

gegend zwischen der *Substantia gelatinosa* und *spongiosa* und gegen die *Commissura alba* und *grisea* (s. oben).

Die Bauchstrangcollateralen verlaufen alle dorsalwärts, wobei jedoch die einen in der ventralen Kommissur sich kreuzen, die anderen gegen das eigentliche ventrale Horn und das Seitenhorn sich begeben, noch andere gerade gegen die dorsalen Säulen gehen. Diese letzteren bilden zum Theil kleine Bündel und erzeugen Endbüschel, die an diejenigen der langen sensiblen Collateralen erinnern und am schönsten an sagittalen Längsschnitten zu erkennen sind (*Koelliker*, Mark Fig. 9 *vc*, *ec*), an denen sie oft mit den sensiblen Endbüscheln wie abwechseln, auch wohl mit denselben in einer Höhe stehen und mit ihnen sich verflechten.

Von den Ventral- und Seitenstrangcollateralen ist noch zu erwähnen, dass dieselben, eben so wie diejenigen des Dorsalstranges, stärkere und schwächere Elemente darbieten, doch konnte ich nicht finden, dass diejenigen des Ventralstranges ein entschiedenes Plus stärkerer Elemente enthalten, wie *Ramón y Cajal* angiebt. Unterschreiben kann ich dagegen eine andere Bemerkung dieses Gelehrten über die Collateralen des Ventralstranges für beide hier zusammen behandelten Stränge, dass nämlich die Collateralen ihre Verästelung oft schon innerhalb der weissen Substanz beginnen. Die Endverästelung anlangend, so fand ich bei diesen Collateralen nicht selten ein Verhalten, das mir bei den sensiblen Collateralen bis jetzt nicht auffiel, nämlich lang dahinziehende Stämmchen, die unter meist rechten Winkeln eine grosse Zahl von kurzen Aestchen nach beiden Seiten abgaben, die dann wie oben beschrieben endeten, genauer bezeichnet eigentlich jedes ein Endbäumchen bildeten (*Koelliker*, Mark Fig. 12). Manche dieser Collateralen zeigten nur solche Theilungen, andere auch gröbere, spitzwinkelige, zahlreiche Aeste, wie sie bei den langen sensiblen Collateralen allein vorzukommen scheinen.

Die longitudinalen Fasern der Vorder- und Seitenstränge zeigen, eben so gut wie diejenigen der sensiblen Sphäre, an manchen Stellen Umbeugungen und einen Eintritt in die graue Substanz, die hier offenbar eine doppelte Bedeutung haben und zum Theil centrifugal wirkende Elemente, vor allem der Pyramidenbahnen, darstellen, die mit Verästelungen ihr Ende in der grauen Substanz finden, zum Theil Nervenfasern sind, die von Zellen der grauen Substanz entspringen und, wie die Kleinhirnseitenstrangbahnen, in den Strängen centralwärts verlaufen.

Von der ventralen Kommissur ist noch zu erwähnen, dass dieselbe schon bei Embryonen vorhanden ist und immer unter dem Bilde einer Kreuzung erscheint (Fig. 385—387), und zwar sind es theils Achsencylinder, die sich kreuzen (siehe unten), theils Collateralen der ventralen Stränge und der Seitenstänge, die oft in der Kommissur Theilungen zeigen und jenseits derselben ihre Endigung in der grauen Substanz finden, wobei sie theils in alle Gegenden des Ventralhornes einstrahlen, theils auch gegen das Dorsalhorn sich wenden. Es wäre nicht unmöglich, dass unter den letzteren Fasern auch Dorsalstrangcollateralen sich fänden, die durch die Kommissur auf die andere Seite treten. Käme so etwas wirklich vor, wovon ich mich noch nicht mit voller Bestimmtheit zu überzeugen vermochte, so würden auch diese Collateralen jedenfalls in

der grauen Substanz enden und könnte bei Embryonen von einem direkten Eindringen sensibler Elemente in den Bauchstrang und in den Seitenstrang der anderen Seite, wie verschiedene Autoren ein solches für das Mark erwachsener Geschöpfe annehmen, keine Rede sein.

Lavdowsky beschreibt bei verschiedenen Geschöpfen (Katze, Kröte, Frosch) sensible Collateralen, die in der *Commissura alba* auf die andere Seite treten, ebenso *Mingazzini* (Sulla fina struttura del Midollo spinale del' uomo in Rev. sper. di Freniatria Vol. XVIII 1892 Fasc. II Fig. 1), wogegen *v. Lenhossek* das Vorkommen solcher Fasern bestimmt leugnet. Ich bemerke hierzu, dass der Schein trügerisch ist und dass sensible Kommissurenfasern nur in dem Fall angenommen werden dürften, wenn es gelänge, eine sensible Collaterale direkt bis in die *Commissura alba* zu verfolgen, was weder *Lavdowsky* noch *Mingazzini* geglückt ist.

5. Nervenzellen.

Die Zellen der grauen Substanz des Markes sind zwar alle multipolar, unterscheiden sich aber, abgesehen von der Grösse, der Gestalt und der Beschaffenheit der Protoplasmafortsätze, von denen weiter unten die Rede sein soll, wesentlich dadurch, dass die einen einen unverästelten oder nur spärliche Aestchen abgebenden nervösen Fortsatz besitzen, während derselbe bei den anderen zahlreiche Aeste abgiebt. Diese letzteren scheide ich wieder in zwei Unterarten, und zwar

a) in solche, bei denen der nervöse Fortsatz, trotz der Abgabe von Aesten, seine Selbständigkeit nicht verliert, und

b) andere, deren Achsencylinderfortsatz ganz in feine und feinste Verzweigungen sich auflöst.

Nach der Eintheilung von *Golgi* würden die Zellen der ersten Kategorie und die von 2a seine erste Gruppe, diejenige der motorischen Zellen darstellen, die von 2b die zweite Gruppe, die der sensiblen Zellen.

Eine andere Eintheilung der Nervenzellen stützt sich auf deren physiologische Beziehungen und ergiebt folgende Arten:

a) Motorische Zellen, welche in die motorischen Wurzelfasern übergehen, oder dieselben entsenden.

b) Zellen, deren nervöser Fortsatz zu einer longitudinalen Faser der weissen Substanz sich umgestaltet, Strangzellen oder Ursprungszellen von Strangfasern, unter denen wiederum zu unterscheiden sind α) Zellen, deren Fortsatz auf derselben Seite des Markes bleibt, und β) Zellen, die ihren nervösen Fortsatz durch die weisse Kommissur auf die andere Seite senden, Kommissurenzellen, *Ramón y Cajal*.

c) Zellen, deren nervöser Fortsatz nicht aus der grauen Substanz heraustritt (Binnenzellen, Reflexzellen).

Die genauere Bestimmung des Verhaltens der nervösen Fortsätze der Zellen des Markes ist mit sehr grossen Schwierigkeiten verknüpft, welche darin liegen, dass die *Golgi*'sche Methode häufig gar keine Nervenzellen und vielleicht niemals oder wenigstens nur sehr selten alle färbt. Am günstigsten sind die Fälle, in denen nur einzelne oder wenige Zellen schwarz erscheinen, und auch von den Collateralen nicht zu viele gefärbt sind. Sind dagegen eine grössere Zahl von Zellen dargestellt, so lassen sich die nervösen

Fortsätze gewöhnlich nicht auf grössere Strecken verfolgen, indem dieselben an feinen Schnitten nur selten ganz sich erhalten, und an dickeren in dem unglaublich reichen Gewirre der Protoplasmafortsätze sich bald spurlos verlieren. Grosse Beachtung verdient übrigens bei diesen Untersuchungen, dass in sehr vielen Fällen die Zellen und ihre Protoplasmafortsätze nicht gefärbt sind, wohl aber deren nervöse Fortsätze, wie auch *Ramón y Cajal* dies wahrgenommen hat (s. Nr. IV, Fig. 2*a*, 18). In diesem Falle hat man sich nur davor zu hüten, dieselben nicht mit stärkeren Collateralen zu verwechseln oder mit Umbiegungen und Endigungen von Längsfasern der Stränge in der grauen Substanz, was in manchen Fällen seine Schwierigkeiten hat und grosse Vorsicht erfordert.

Ich gehe nun zur Schilderung dessen über, was die neueren Untersuchungen über diese nervösen Fortsätze gelehrt haben.

a) Ursprungszellen der motorischen Wurzeln, motorische Zellen. Die Zellen, welche die Fasern der motorischen Wurzeln entsenden, liegen in den Ventralhörnern, bilden Theile aller hier in gewissen Gegenden des Markes vorkommenden Nervenzellengruppen, finden sich jedoch vorzugsweise in den lateralen Gruppen sowohl in dem ventralen als in dem dorsalen Theile derselben. Die betreffenden Zellen sind in ihrer Mehrzahl gross, doch kommen auch viele kleinere und kleine solche Elemente vor, und zwar besonders in den medialen Theilen des ventralen Abschnittes des Ventralhornes und in der Grenzgegend der ventralen und dorsalen Hörner. Die nervösen Fortsätze dieser motorischen Zellen gehen manchmal gerade gegen die Austrittsstellen der Wurzeln, andere Male erreichen sie dieselben auf Umwegen mit Umbeugungen und Schlängelungen aller Art. Bezüglich auf die Dicke kann man bei diesen Fortsätzen stärkere und schwächere unterscheiden und ist wohl nicht zu bezweifeln, dass die letzteren den feinen, die ersteren den starken Fasern der motorischen Wurzeln den Ursprung geben.

Von den Collateralen der nervösen Fortsätze dieser Zellen war schon die Rede (Seite 89), dagegen verdienen deren Dendriten noch eine Besprechung. Nach *Ramón* (IV 1890) lassen gewisse derselben drei Gruppen von Aesten unterscheiden und zwar a) mediale oder Kommissurenfortsätze. Dieselben verlaufen medianwärts und stellen pinselförmige Büschel dar, die bei den medialsten dieser Zellen durch die ventrale Kommissur hindurchziehen und mit den entsprechenden Ausläufern der anderen Theile sich kreuzen, wobei dieselben entweder an der ventralen Seite der Kommissurenfasern liegen oder mit denselben sich mischen (*Ramón* Fig. 1, *v. Gehuchten*, Struct. d. Centr. nerveux 1891, Fig. 2, Präparat von *Ramón*). b) Laterale ventrale Ausläufer. Sind sehr zahlreich, bilden schöne Büschel, die weit in die weisse Substanz eindringen und zu deren Bildung oft mehrere benachbarte Zellen zusammentreten. c) Dorsale Ausläufer. Sind sehr lang, erreichen die dorsalen Hörner und enden frei in denselben unter wiederholten Zweitheilungen, ohne Büschel zu bilden.

Nach den Untersuchungen von *Golgi* (Nr. IV S. 392 und Nr. VI S. 282) werden Zellen, welche ihren Nervenfaserfortsatz in die motorischen Wurzeln entsenden, an jeder Stelle der grauen Substanz angetroffen und zwar 1. in den ventralen Hörnern, wo sie sicher vorherrschend sind; 2. in der Zone der grauen Substanz, welche *Golgi* die Zwischenzone nennt und welche in dem von den Seitensträngen und dem Centralkanale begrenzten Gebiete liegt; 3. in den Dorsalhörnern mit Ausnahme der Gegend der *Substantia gela-*

tinosa. Bei der grossen Autorität, welche *Golgi* als Forscher mit Recht geniesst, würde ich diese Angaben, den negativen Ergebnissen von *Ramón*, *mir* selbst, *v. Gehuchten* und *v. Lenhossek* gegenüber als vollkommen genügend erachten, wenn mich nicht der Umstand etwas zweifelhaft machte, dass *Golgi* in seinen ersten Mittheilungen über diese Frage (s. *Koell.* Mark S. 2 u. ff.) diesen Punkt gar nicht berührt und als motorische Zellen alle Zellen bezeichnet, deren Achsencylinderfortsatz im Ganzen seine Individualität bewahrt, bei welcher Auffassung natürlich alle Strangzellen auch zu den motorischen Zellen gehören, bei denen auch die anderen Beobachter, *v. Gehuchten* und *v. Lenhossek*, ihr Vorkommen in den dorsalen Hörnern zugeben. Jedenfalls ist sehr zu bedauern, dass *Golgi* weder in älterer noch in neuerer Zeit Abbildungen über den feineren Bau des Rückenmarks gegeben hat.

b) Zellen, deren nervöse Fortsätze in die weisse Substanz übergehen und zu Längsfasern derselben werden, oder Strangzellen sind von mir selbst und vielen Anderen schon seit Langem angenommen worden, doch mangelte bisher der genauere Nachweis, der nun erst durch *Golgi*, *Ramón y Cajal* und *mich* gegeben wurde.

Die grosse Mehrzahl der Zellen, um die es sich hier handelt, senden ihre nervösen Fortsätze in den Seitenstrang, manche auch in den Ventralstrang, dagegen kommen nur selten Fortsätze vor, die in den Dorsalstrang eintreten. *Ramón y Cajal* beschreibt in Nr. IV vom Hunde einen solchen Fortsatz (Fig. 3 a V), der in den ventralen Theil des *Burdach*'schen Stranges ging, andere verliefen in die Randzone und wurden da longitudinal (Fig. 3 *a B*, *E* u. *F*). Beim Hühnchen hatte *Ramón* schon früher solche Strangzellen des dorsalen Stranges häufiger gefunden (Nr. I Fig. 5). Und in einer neuen Mittheilung über das Mark des Embryo einer Taube von 15 Tagen (Nr. V) schildert *Ramón* drei Zellen der *Subst. gelatinosa*, die zwei Nervenfaserfortsätze besassen. Bei der einen Zelle (*b*) gingen beide in den *Burdach*'schen Strang, bei einer zweiten (*a*) der eine in die Randzone, der andere in den Seitenstrang und bei der dritten (*c*) der eine in den *Burdach*'schen Strang, der andere in die Randzone. Vor Kurzem hat nun auch *v. Lenhossek* beim Meerschweinchen, Kaninchen und Menschen solche Zellen gesehen (l. c. Taf. III, Zelle 41 und 43 und Fig. 27 Zelle *h*), die an den *Burdach*'schen Strang sich anschlossen. In einigen anderen Fällen war der nervöse Fortsatz mit zahlreichen Nebenästen versehen und einer *Golgi*'schen Zelle II. Art ähnlich, bevor er dem *Burdach*'schen Strang sich anschloss (Taf. III Zelle 18 und 38). Im Ganzen hält auch *v. Lenhossek* die Zellen, die ihren nervösen Fortsatz in den Dorsalstrang senden, für selten, was ich nur unterschreiben kann, da ich auch bei wiederholten Untersuchungen bisher nur Einmal eine Zelle fand, die ihren nervösen Fortsatz in die Randzone abgab.

Die Seitenstrangzellen gehören meist der Gegend an, die die Grenze zwischen Ventralhorn und Dorsalhorn bildet oder im Bereiche des *Cervix cornus posterioris* gelegen ist, können jedoch auch entschieden im Ventralhorne ihre Lage haben. Somit gehört jedenfalls die auffallende Gruppe der *Clarke*'schen Säulen zu denselben. Die zum Ventralstrange in Beziehung stehenden Zellen sind dagegen meist Angehörige des Ventralhornes und vor allem der ventralen medialen Zellengruppen desselben; auch ist zu bemerken, dass diese Zellen ihre nervösen Fortsätze meist durch die ventrale Kommissur auf die andere

Seite senden. Es können jedoch auch Zellen anderer Gegenden zum Ventralstrange in Beziehung treten (*Ramón y Cajal*); und was die ventrale Kommissur anlangt, so gehen nach *Golgi* bei Säugern und nach *Ramón y Cajal* beim Hühnchen Zellen aller Gegenden der grauen Substanz mit ihren Achsencylinder-

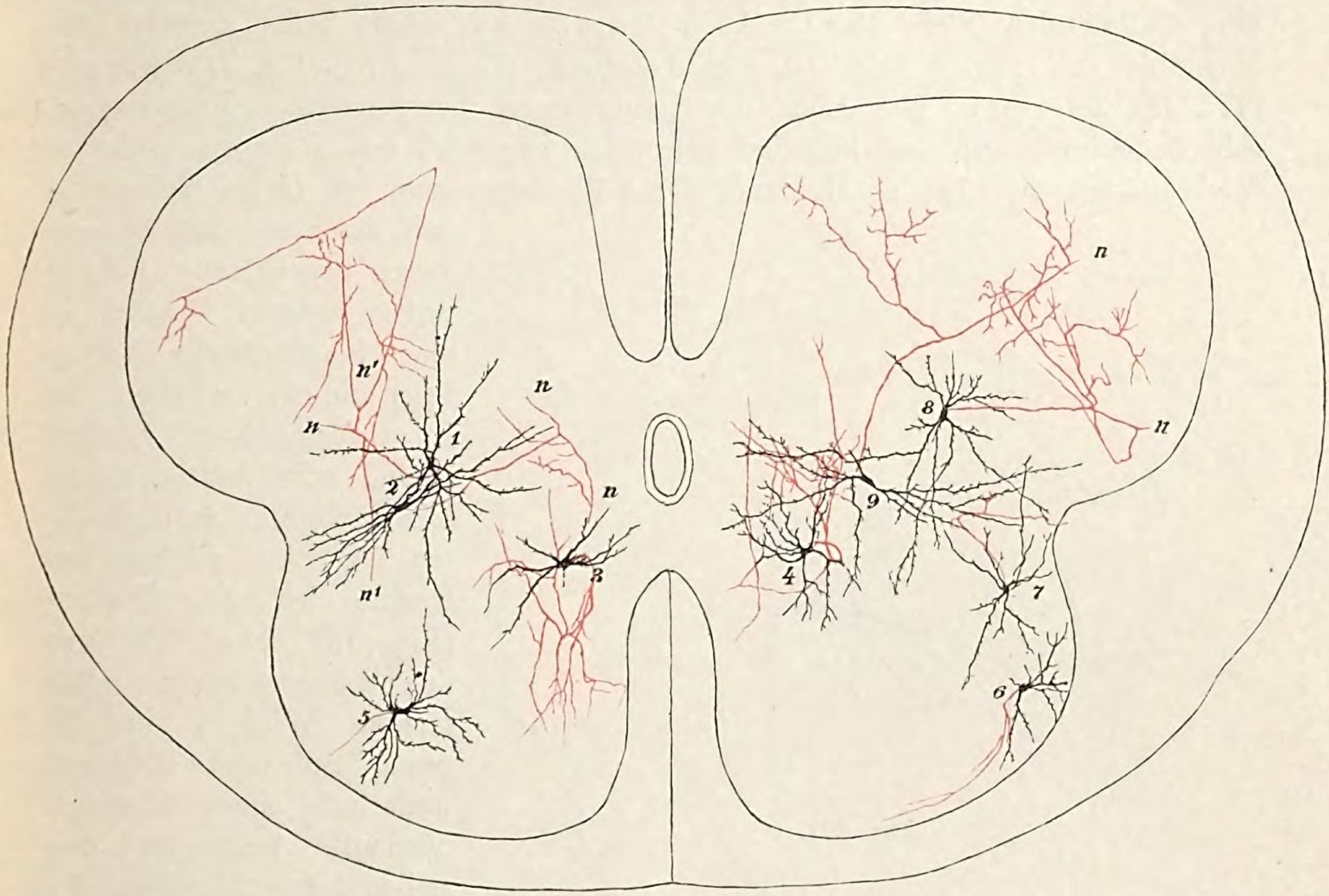


Fig. 390.

fortsätzen in dieselbe ein, wogegen *Ramón* bei Säugern, nur bei einigen Zellen des Dorsalhornes und der *Substantia gelatinosa* ein solches Verhalten beobachtete.

Fig. 390. Nervenzellen des Markes von Säugern. 1. Zelle aus dem Ventralhorne der Halsanschwellung eines Rindsembryo von 20 cm. *n* Hauptnervenfortsatz, *n'* n' Nebenfortsätze, der eine mit reicher Verästelung. 2. Strangzelle ? aus der *Subst. spongiosa* des dorsalen Horns eines Schweinsembryo von 17 cm mit mässig verzweigtem Nervenfortsatze, der vielleicht bei *n n* in zwei Strangfasern auslief. 3. 4. Nervenzellen II. Art aus den Dorsalhörnern desselben Schweinsembryo mit reich verzweigtem nervösem Fortsatze. 5. Zelle der *Substantia gelatinosa* desselben Embryo mit einfachem nervösem Fortsatze, der wahrscheinlich in die Randzone des dorsalen Stranges verlief. 6. 7. Zellen aus der *Subst. gelatinosa* desselben Embryo mit mässig verzweigten nervösen Fortsätzen, die vielleicht in den Dorsalstrang und Seitenstrang traten. 8. Zelle des ventralen Horns aus dem Lendenmarke eines Rindsembryo von 20 cm mit reichverzweigtem nervösem Fortsatze, der wahrscheinlich in eine Seitenstrangfaser überging. 9. Strangzelle von der Grenzgegend beider Hörner aus dem Lendenmarke eines Schafsembryo von 22 cm. Nervöser Fortsatz, der wahrscheinlich in den Vorderseitenstrang ging, mit zwei guten Verästelungen.

Die nervösen Fortsätze der Strangzellen lassen nach *Ramón y Cajal*'s und meinen Erfahrungen z. Th. keine Seitenästchen erkennen (*Köll.* Rückenmark Fig. 30, 1, 2, 5; *Ramón y Cajal* IV Fig. 2 *bis*, 3, 4, 5, 6, 11, 13, 15, 16), in der Mehrzahl der Fälle dagegen geben dieselben eine gewisse, ja selbst sehr bedeutende Zahl von solchen ab (Fig. 390, 391), ohne jedoch ihre Selbständigkeit einzubüssen, welche Aestchen genau so enden wie diejenigen aller Collateralen (Siehe oben). Auch *Ramón* hat solche Zellen gesehen und abgebildet (IV Fig. 2 Zelle 10, Fig. 3 Zelle *J*, *N*, *K*, *L*) und *v. Lenhossek* (Taf. III Zelle 38). Das Ende der Stammfasern dieser nervösen Fortsätze ist sehr bemerkenswerth und kommen wesentlich folgende, von *Ramón* entdeckte Verhältnisse vor. In der Mehrzahl der Fälle biegt sich, wie *Golgi* dies zuerst sah, das Ende einer Stammfaser bogenförmig nahezu unter rechtem Winkel in eine longitudinale Strangfaser um, ein Verhalten, das an Querschnitten weniger leicht, sehr bestimmt an Längsschnitten zu beobachten ist. An solchen betrachte ich alle Fasern (Fig. 383 *l*, *n*), die aus den Längssträngen unter rechten Winkeln in die graue Substanz abbiegen und auf einem längeren Verlaufe innerhalb derselben keine Abnahme des Durchmessers zeigen, auch wenn dieselben nicht bis zu einer Zelle sich verfolgen lassen, als nervöse, in Längsfasern übergehende Zellenfortsätze, in welcher Beziehung *Ramón* mit mir übereinstimmt und in IV in Fig. 2 *a* bei 18 eine solche Faser abbildet.

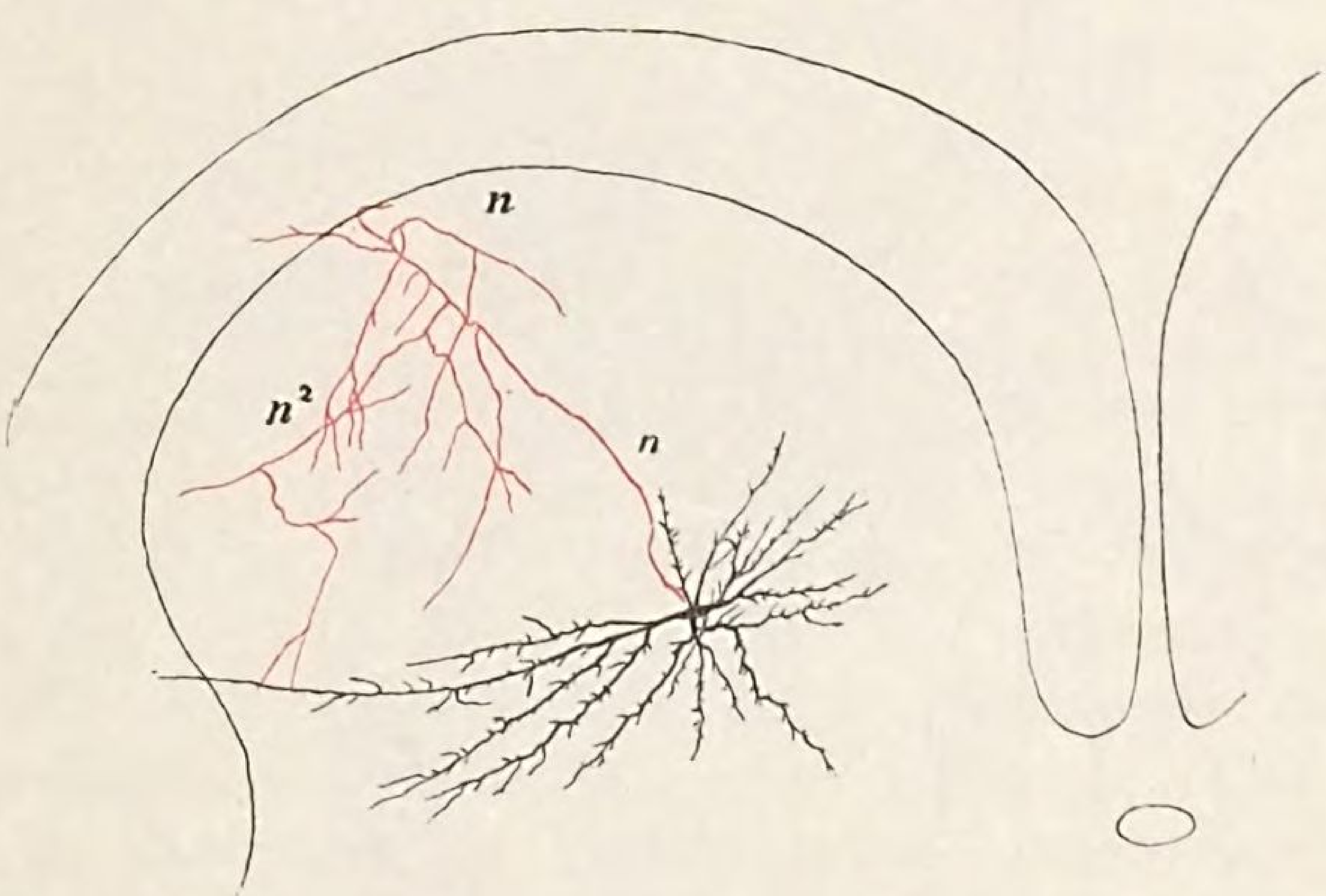


Fig. 391.

Zweitens setzen sich die Enden der Stammfasern der Nervenzellen, indem sie gabelförmig sich theilen, in eine auf- und eine absteigende longitudinale Strangfaser fort, verhalten sich somit wesentlich so, wie die sensiblen Wurzelfasern an ihren Eintrittsstellen. Doch scheint *Ramón* anzunehmen, dass in gewissen Fällen solche nervöse Stammfasern auch einfach unter rechtem Winkel an longitudinale Strangfasern sich ansetzen, was mir noch nicht zu Gesicht kam, obschon ich viele Längsschnitte der Stränge untersuchte.

Endlich kommen noch Zwei- und Dreitheilungen solcher nervöser Fortsätze innerhalb der weissen Substanz vor (Fig. 390, 391), von denen vor-

Fig. 391. Ventralhornstrangzelle aus dem Lendenmark eines Rindsembryo von 20 cm. *n* Nervöser Hauptfortsatz, der bei *n'* in eine longitudinale Faser des Ventralstranges überging. Der daneben befindliche Endast ging vielleicht auch in eine solche Faser über, doch war dies nicht festzustellen, *n''* viele verzweigte Nebenäste. Bei starker Vergrösserung, ausgeführte Zeichnung verkleinert, *Golgi*.

läufig nicht nachgewiesen ist, ob deren Enden alle centralwärts verlaufen, was von vornherein wahrscheinlicher ist, oder auch distalwärts.

Durch spätere Untersuchungen von *Ramón* (Anat. Anz. 1890 S. 85 und S. 609) sind nun unsere Kenntnisse über das Verhalten der nervösen Fortsätze der Strangzellen sehr wesentlich erweitert worden. In gewissen Fällen nämlich theilen sich diese Stammfasern schon innerhalb der grauen Substanz in zwei oder drei gleichstarke Aeste, welche dann in ihrem weiteren Verlaufe ein verschiedenes Verhalten zeigen, indem sie entweder auf derselben Seite bleiben und beide in denselben Strang oder in verschiedene Stränge ein-

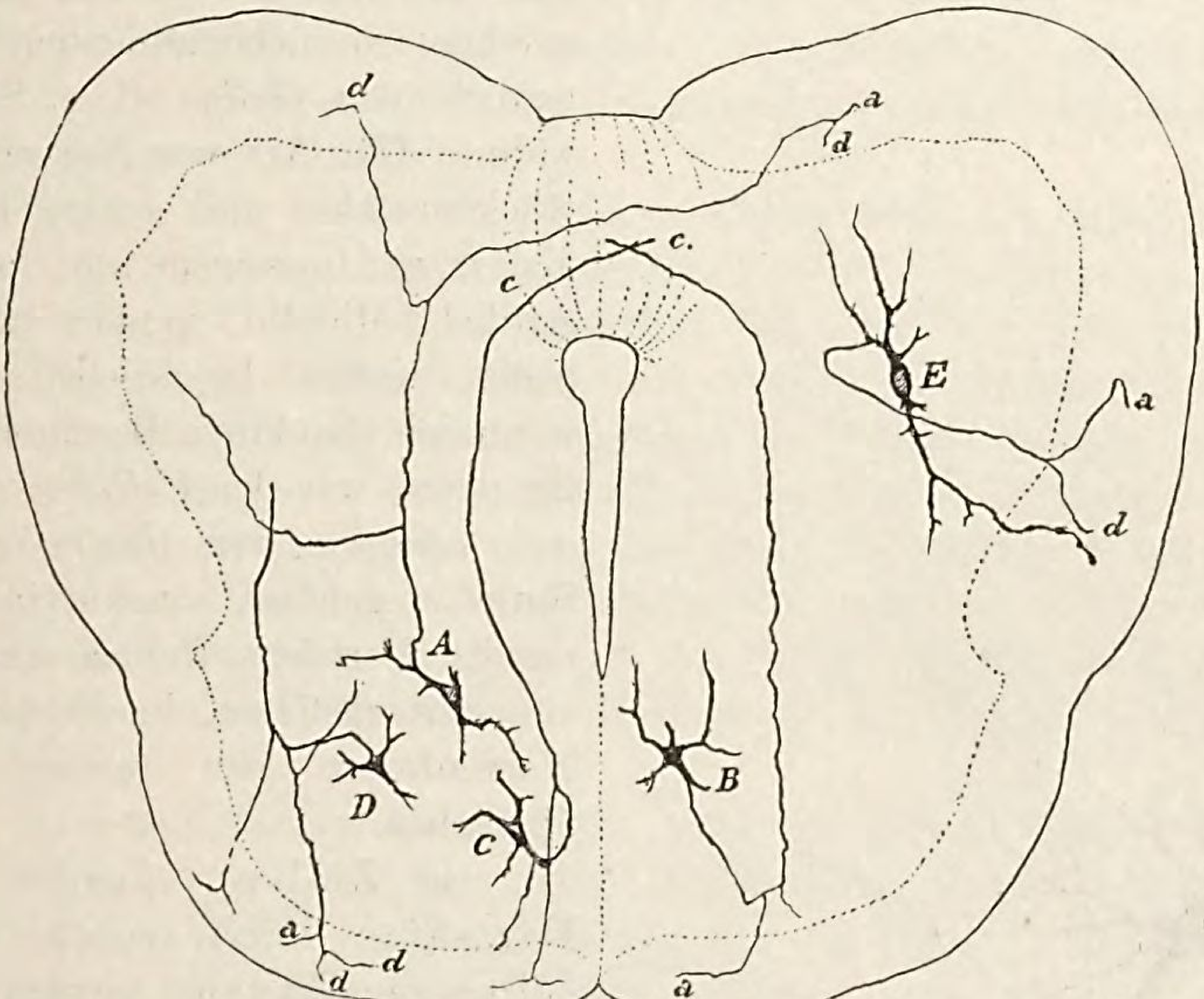


Fig. 392.

treten oder auf beide Seiten sich vertheilen, indem der eine Ast durch die ventrale Kommissur auf die entgegengesetzte Seite tritt. Demzufolge unterscheidet *Cajal* an diesen Strangzellen, die er *Cellules à cylindre axe complexe* nennt, folgende Arten: 1. Strangzellen der beiden Vorderstränge (Fig. 392 *A*), 2. Strangzellen des Dorsalstranges und des Seitenstranges derselben Seite, 3. Strangzellen des Hinterstranges und des ventro-lateralen Stranges der anderen Seite (Fig. 392 *B*, *C*), 4. Strangzellen des Seitenstranges und des Vorderstranges der anderen Seite, 5. Strangzellen, deren nervöse Aeste in einen und denselben

Fig. 392. Querschnitt des Markes eines 8 Tage alten Hühnerembryo, vergr. Nach *Ramón y Cajal*. *A* Zelle des linken Ventralhornes mit 3 Ausläufern, einen für den linken Ventralstrang *d* und zwei für den rechten Ventralstrang *a* und *d*. *C* Zwei Zellen des Dorsalhornes mit nervösen Ausläufern in den dorsalen Strang und durch die *Comm. alba* auf die entgegengesetzte Seite. *D* Zelle des Dorsalhorns mit 4 nervösen Enden im Dorsalstrange derselben Seite. *E* Zelle des Ventralhorns mit zwei Ausläufern in den ventro-lateralen Strang.

Strang derselben Seite, sei es Ventral-, Seiten- oder Dorsalstrang, gehen (Fig. 392 *D*). Aehnliche Beobachtungen von Theilungen von Stammfasern innerhalb der grauen Substanz wurden dann von mir mitgetheilt (Rückenmark Fig. 23 und Fig. 30, 7 und 10 vom Rind), doch handelte es sich in diesen Fällen nur um den 5. Fall von *Cajal*. Dagegen beschreibt *v. Gehuchten* auch den Fall 1 neben dem Fall 5 (Moëlle épinière pg. 15, Fig. 10*e*, Fig. 15) und *v. Lenhossek* sah beim Menschen den Fall 5 und 2 (l. c. 107, Tab. III Zellen 1, 7 und 40). Ferner möchte ich noch andeuten, dass die neulich von *Golgi* (l. c. S. 289) erwähnte III. Art von Nervenzellen des Rückenmarkes und des pes hippocampi major, die in seinem mir unbekannten Artikel Midollo spinale in Enciclopedia medica beschrieben sein soll, wenn ich die kurze Beschreibung richtig deute, mit den *Cellules à cylindre axe complexe* von *Ramón* in Eine Stufe zu gehören scheint, indem deren nervöse Fortsätze, freilich unter Abgabe von Seitenästchen, in 2—4 und mehr Nervenfasern der weissen Substanz übergehen.

c) Zellen, deren nervöse Fortsätze sich reich bis zu feinsten Enden verästeln und nicht aus der grauen Substanz heraustreten. Binnenzellen, Reflexzellen.

Diese von *Golgi* entdeckten und zuerst abgebildeten Zellen (Hauptwerk Taf. IIa, Fig. 6) finden sich allem Anscheine nach nur in den dorsalen Hörnern, jedoch, wie wir schon sahen, nicht als ausschliessliche Bestandtheile. Wenn *Golgi* (I) meldet, dass einige solcher Zellen auch in den Ventralhörnern sich finden, so möchte ich fragen, ob bei dieser Angabe nicht Verwechselungen mit jenen von mir beschriebenen Strangzellen stattgefunden haben, die eine ungemein grosse Zahl von Collateralen abgeben. Die auffallendsten Zellen der II. Art von *Golgi*, die ich sah, sind in meinen Figg. 25, 26 und 29 *b* und *c*

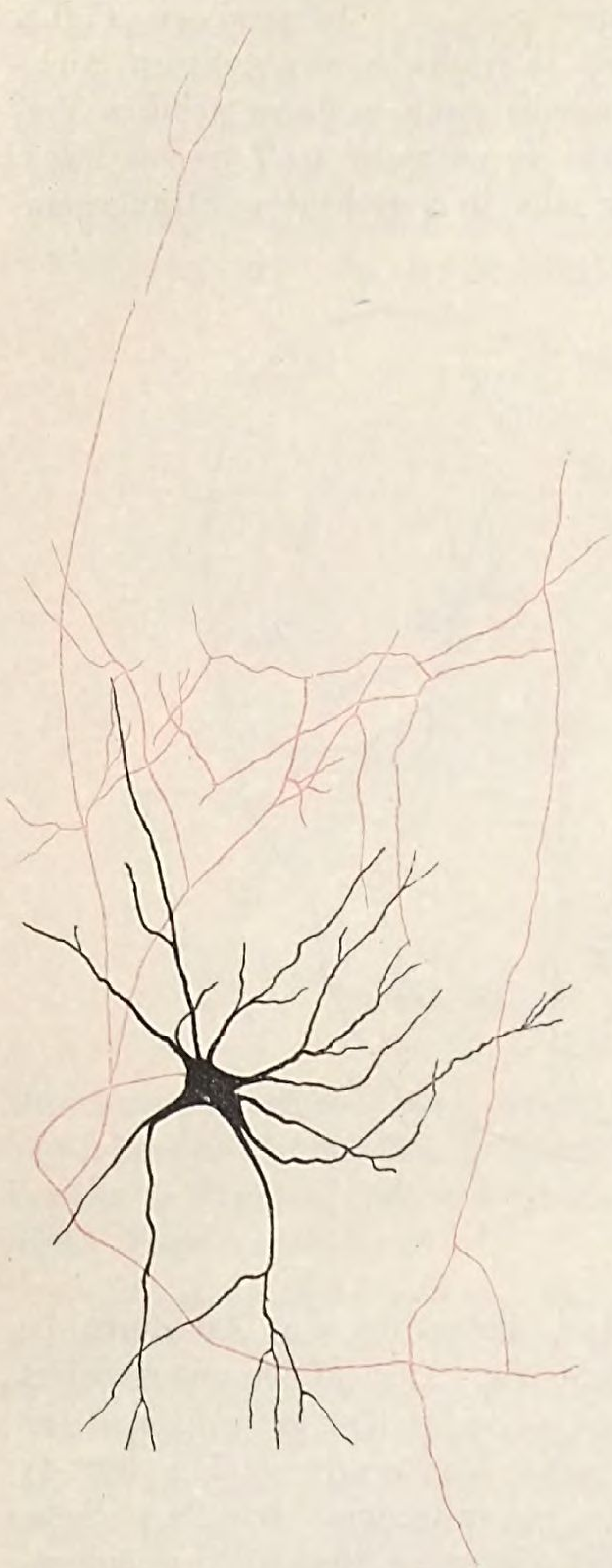


Fig. 393.

Fig. 393. Nervenzelle aus dem Dorsalhorne eines Schweinsembryo von 17 cm mit reich verästeltem nervösem Fortsatze. Starke Vergr., *Golgi*.

(Rückenmark) und hier in Fig. 390 dargestellt, und stammen von der Gegend der Spitze der Dorsalhörner, ausserdem fand ich solche Zellen auch in den übrigen Gegenden der Dorsalhörner, ja selbst am dorsalen Rande der *Substantia gelatinosa* (*Kölliker* Fig. 29 *a, d, e*). *Ramón y Cajal* hat solche Zellen auch gesehen und giebt in seiner I. Abh. Taf. XI, Fig. 2, 3, 4 schöne Abbildungen von Elementen der Art aus den *Clarke*'schen Säulen und der *Substantia gelatinosa*, ebenso im An. Anz. 1890 S. 114. In der Abhandlung Nr. IV sind dagegen nur wenig ausgeprägte solche Zellen in Fig. 3 *a* aus der Substanz von *Rolando* unter *H, R, S, T* abgebildet, dagegen betont der Autor im Text, dass viele Aeste der nervösen Ausläufer dieser Zellen vertikal verlaufen und so Bündel bilden, die vielleicht später zu den von mir sogenannten Längsfasern der Dorsalhörner sich gestalten, eine Annahme, mit der ich mich nicht einverstanden erklären kann, da die genannten Bündel aus langen, parallel verlaufenden Elementen bestehen.

Sehr wichtig für die Deutung dieser Zellen wäre es, wenn die letzten Endigungen der nervösen Ausläufer derselben sich mit Sicherheit bestimmen liessen. *Ramón y Cajal* lässt dieselben mit varikösen Verästelungen und frei enden (Nr, IV, p. 10) und auch *Golgi* stellt die einzige von ihm abgebildete Zelle so dar. Meine Präparate ergaben im Ganzen dasselbe, nur machten einzelne den Eindruck, als ob unter den Ausläufern des nervösen Fortsatzes auch stärkere nicht ästige Enden, wie Stammfasern sich fänden, was jedoch Folge einer nicht ganz vollständigen Versilberung sein könnte. Ferner möchte ich hervorheben, dass bis jetzt an keiner dieser Zellen die Enden in jener Form von Endbüscheln oder Endbäumchen vorkamen, die für die Collateralen so charakteristisch ist.

Auf die mannigfachen Formen der Nervenzellen und ihrer protoplasmatischen Ausläufer, so wie auf ihre verschiedene Grösse habe ich keinen Grund, weiter einzugehen als dies bereits geschehen ist, da diese Verhältnisse für einmal physiologisch kaum eine Verwerthung gestatten, und verweise ich in dieser Beziehung auf die Angaben und Abbildungen von *Ramón y Cajal*, indem ich zugleich betone, dass es ungemein schwer hält, im Einzelnen die genaue Gestalt der protoplasmatischen Ausläufer der fraglichen Zellen zu bestimmen. Viele derselben, ja die meisten, sind in ihrer ganzen Länge mit spitzen und wie körnigen Anhängen, mit feinen einfachen und ästigen Ausläufern besetzt, und gewinnen so unter Umständen ein ganz eigenthümliches Gepräge (s. m. Fig. 29, 30 und *Ramón y Cajal*, III, Fig. 4 *a A*, Fig. 3 *a* die meisten Zellen der *Substantia gelatinosa*), welches am allerauffallendsten an den Zellen der *Substantia gelatinosa* auftritt und dieselben, wie auch *Ramón y Cajal* hervorhebt, gewissen Gliazellen sehr ähnlich macht. Berücksichtigt man jedoch, einmal dass in anderen Fällen an Silberpräparaten diese Ausläufer ohne einen solchen Besatz und selbst, wenn auch selten, ganz glattrandig vorkommen, sowie zweitens, dass aus frischen Objekten isolirte Nervenzellen ohne Ausnahme glattrandige Dendriten besitzen, so ergiebt sich mit grosser Wahrscheinlichkeit, dass die oben geschilderten Formen Kunstprodukte sind.

Weiter ist über die Protoplasmafortsätze Folgendes erwähnenswerth. An Silberpräparaten ergeben sich dieselben von erstaunlicher Länge und mit den zahlreichsten gröberen Verästelungen, so dass manche derselben an Organen von

Neugeborenen die ganze Breite der grauen Substanz durchqueren und auch im Diameter dorso-ventralis die Hälfte derselben einnehmen (*Köll.* Fig. 21—24).

Das eigenthümliche schon erwähnte Verhalten gewisser motorischer Zellen der ventralen Hörner, dass dieselben einen Theil ihrer Ausläufer durch die ventrale Kommissur auf die andere Seite senden, finde ich auch, wenn schon wenig ausgeprägt, bei den Zellen in der Nähe der dorsalen Kommissur.

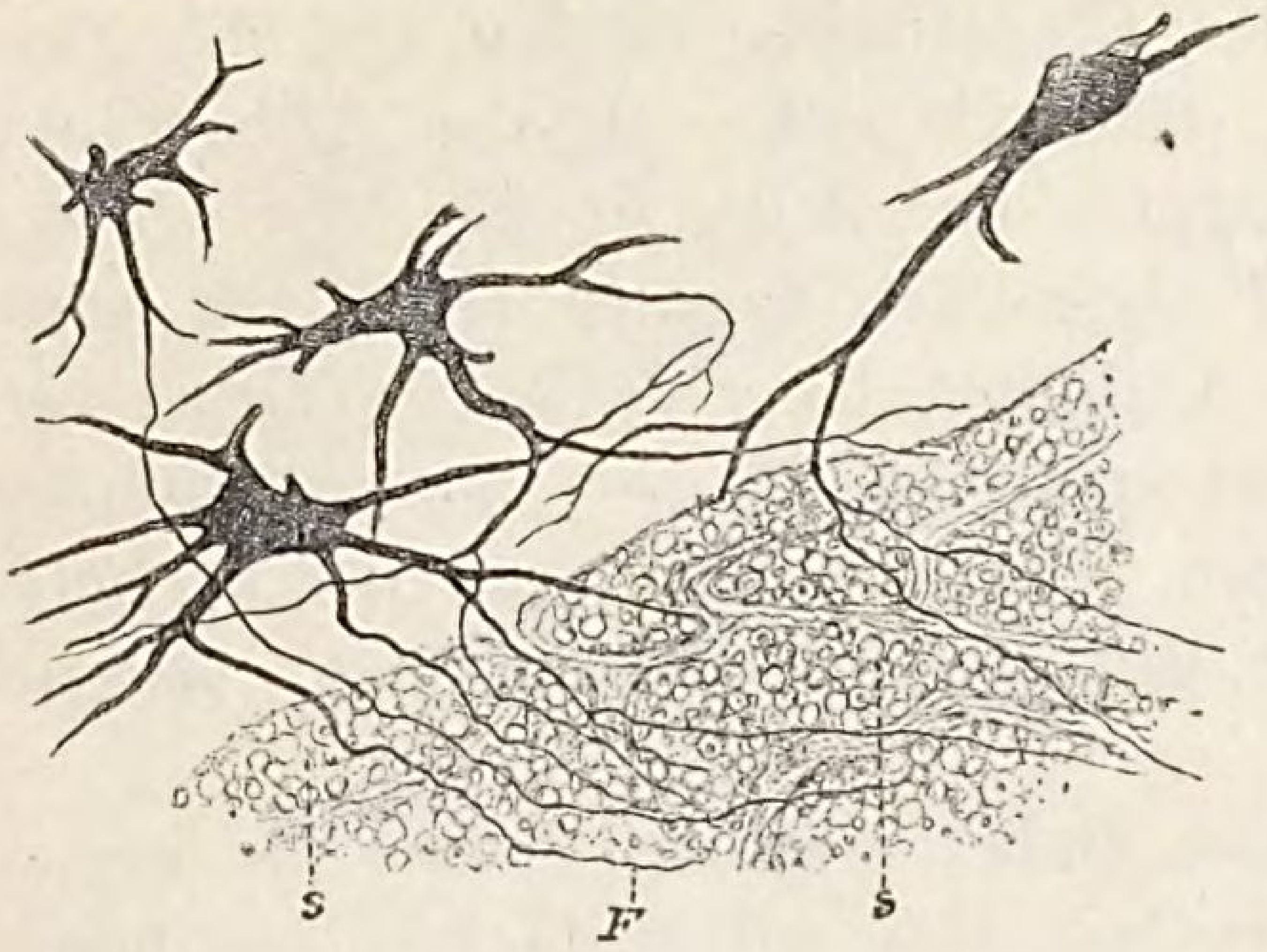


Fig. 394.

Sehr wichtig ist endlich, dass, wie *Golgi* entdeckt hat, viele Dendriten auch in die weissen Stränge eintreten und oft weit und selbst bis gegen die Oberfläche derselben vordringen, für welche Thatsache ich schon beim Anatomenkongresse in Berlin für das Mark des Ochsen ebenfalls Belege gab (siehe Anat. Anz. 1889) und die ich auch jetzt überall für alle untersuchten Säuger bestätigt finde (Fig. 394). Anastomosen der Protoplasmafortsätze vermag ich auch jetzt, eben so wenig wie früher, zu finden und muss ich besonders hervorheben, dass ich solche auch an Zellen vermisse, die nach der *Gerlach'*schen Methode dargestellt wurden. Dasselbe gilt, wie ich nachträglich bemerke, auch von den feinen Endästen der nervösen Fortsätze der Binnenzellen und Strangzellen.

Zusammenstellung der Resultate.

1. Die sensiblen Wurzelfasern theilen sich beim Eintritte in das Mark in einen hirnwärts und einen caudalwärts verlaufenden Schenkel, die in den Dorsalsträngen und oberflächlich an der *Substantia gelatinosa* in der Randzone derselben weiter ziehen.

2. Dass diese longitudinalen sensiblen Elemente zum Theil auf grosse Strecken (4—6 cm) verlaufen, ist durch die direkte Beobachtung entschieden, auf der anderen Seite aber auch sicher, dass ein nicht unerheblicher Theil derselben in die graue Substanz umbiegt und in derselben mit feinen Verästelungen frei endet.

3. Eine Verbindung dorsaler Wurzelfasern mit Nervenzellen der grauen Substanz des Markes ist bei Säugern bis anhin nicht beobachtet.

4. Alle sensiblen longitudinalen Strangfasern und zum Theil schon deren noch ungetheilte Stammfasern geben feine Seitenästchen, die sogenannten Collateralen von *Ramón y Cajal* ab, welche, in die graue Substanz eingetreten, in allen Gegenden derselben sich fein verästeln und frei enden. Besonders zahlreich sind diese Endigungen in der ventralen Grenzgegend der *Sub-*

Fig. 394. Aus dem Seitenhorn des Halsmarkes des Ochsen bei starker Vergr. gezeichnet und verkleinert. *s* Seitenstrang, *F* feine in die weisse Substanz eindringende Enden der Protoplasmafortsätze.

stantia gelatinosa und in den *Clarke*'schen Säulen, wo dieselben wie besondere Geflechte bilden, und dann im ventralen und lateralen Theile des Ventralhornes, welchen Gegenden lange, dichte Bündel besagter Collateralen zustreben.

5. Die motorischen Wurzelfasern entspringen von grösseren und kleineren Nervenzellen aller Theile des Ventralhorns der gleichen Seite mit einem einfachen nervösen Fortsatze, der in manchen Fällen (nach *Golgi* immer) rückläufige Seitenästchen abgiebt.

6. Die ventralen Stränge und die Seitenstränge des Markes bestehen, mit Ausnahme der Pyramidenbahnen, aus Fasern, welche von Nervenzellen aller Gegenden des Markes, den sogenannten Strangzellen, abgegeben werden. Diese Ventral- und Seitenstrangzellen entsenden von ihrem nervösen Fortsatze aus sehr häufig eine grössere oder geringere Zahl von Seitenästchen in die graue Substanz, welche in derselben frei enden. Je nach ihrer Endbestimmung zerfallen die Strangzellen

a) in solche, die in Strangfasern derselben Seite übergehen,
b) in andere, die durch die *Commissura alba* in die ventralen und Seitenstränge der andern Seite sich fortsetzen, sogenannte Kommissurenzellen, endlich
c) in Zellen, deren Fortsätze in Strangfasern beider Seiten übertreten *(Cellules à cylindre axe complexe, Ramón).*

Zellen der grauen Substanz, die Nervenfasern der Dorsalstränge den Ursprung geben, wie *Ramón y Cajal* und *v. Lenhossek* solche in selteneren Fällen gesehen haben, sind mir früher, ebenso wie *Golgi* und *v. Gehuchten* nicht zu Gesicht gekommen und muss ich auch jetzt dieselben bei Säugern als eine grosse Seltenheit betrachten.

7. Die Beziehungen der ebengenannten nervösen Fortsätze der Ventral- und Seitenstrangzellen zu den Fasern der weissen Substanz sind verschieden. In den einen Fällen gehen dieselben einfach durch Umbiegung aufwärts in eine Strangfaser über. Andere Male theilen sich dieselben vorher in 2—3 Aeste. Endlich kann auch ein solcher nervöser Fortsatz in eine auf- und eine absteigende Faser sich spalten oder scheinbar seitlich an eine Strangfaser sich ansetzen (Fasern von T-Form).

8. Die grosse Mehrzahl der Längsfasern der Ventral- und Seitenstränge, ja vielleicht alle, geben Seitenästchen, die Ventralstrang- und Seitenstrangcollateralen, ab, die in die graue Substanz, vor allem des Ventralhorns und des ventralen Theiles des Dorsalhorns, eintreten und da, eben so wie diejenigen der sensiblen Fasern, frei enden.

9. Die longitudinalen Fasern der Seiten- und Ventralstränge biegen in vielen Fällen unter meist rechten Winkeln in die graue Substanz um, und enden in derselben frei.

10. Alle Collateralen der Strangfasern, alle Seitenästchen von nervösen Zellenfortsätzen, sowie die sub 2 und 9 erwähnten Umbiegungen longitudinaler Strangfasern enden in derselben Weise. Dieselben geben unter spitzen oder rechten Winkeln eine grössere oder geringere Zahl von Aesten ab und erzeugen schliesslich feine Endbäumchen, welche die Nervenzellen umspinnen, ohne mit denselben sich zu verbinden oder unter einander Anastomosen zu bilden.

Die gröberen Collateralen verlaufen vorwiegend in den Querschnittsebenen des Markes oder in schwach schief aufsteigenden Ebenen, während die feineren und feinsten Enden oft schief und longitudinal gerichtet sind. Letzteres kommt auch bei gröberen Collateralen vor und bilden dieselben manchmal selbst kleine Längsbündel.

11. Die *Commissura alba* besteht:

a) aus nervösen Fortsätzen von Zellen der grauen Substanz aller Gegenden der Querschnittsebenen, die nach geschehener Kreuzung in longitudinale Fasern der Ventralstränge und der ventro-lateralen Stränge sich fortsetzen,

b) aus sich kreuzenden Collateralen der Ventralstränge und der Seitenstränge,

c) aus sich kreuzenden Umbiegungen von Strangfasern der ventralen Pyramidenbahn,

d) aus sich kreuzenden Protoplasmafortsätzen eines Theiles der medialen Zellen der Ventralhörner,

e) zweifelhaft sind von *Golgi* und *v. Lenhossek* beschriebene nervöse Fortsätze von Zellen von *Golgi's* II. Typus, die in der Kommissur auf die andere Seite übergehen sollen.

12. Die *Commissura grisea* besteht:

a) aus sich kreuzenden Collateralen der sensiblen Wurzelfasern,

b) möglicherweise aus Kreuzungen von Collateralen des dorsalen Theiles der Seitenstränge.

c) Zweifelhaft sind mir Kreuzungen von nervösen Fortsätzen der Zellen seitlich am Centralkanale und der *Substantia gelatinosa* (*Ramón y Cajal* III, p. 17 zwei Beobachtungen),

d) dagegen in seltenen Fällen sicher Kreuzungen von Protoplasmafortsätzen von Zellen der Dorsalhörner.

13. Die Nervenzellen zerfallen:

a) in motorische Zellen (s. sub 5)

b) in Zellen der Stränge (s. sub 6 und 11 a),

c) in Zellen, deren nervöser Fortsatz nicht aus der grauen Substanz herausgeht und sich in derselben gleichmässig fein verästelt. Solche Elemente finden sich nur im Dorsalhorn.

14. Grösse, Form und Verbreitung der Nervenzellen und ihrer protoplasmatischen Ausläufer sind vielen Wechseln unterworfen, deren Bedeutung vorläufig vollkommen unklar ist. Nur so viel ist sicher, dass grosse Nervenzellen nicht nur in der motorischen Sphäre vorkommen.

15. Die Protoplasmafortsätze aller Nervenzellen verästeln sich aufs feinste über grosse Strecken nach allen Richtungen, dringen oft in die weisse Substanz hinein, geben keinen Nervenfasern den Ursprung und anastomosiren nicht.

§ 126.

Feinerer Bau des Markes, Fortsetzung. Rückenmark des Erwachsenen. Vergleicht man das Mark ausgebildeter Geschöpfe mit demjenigen von Embryonen, so ergiebt sich, dass die Nervenzellen in beiden Fällen

im Wesentlichen sich gleich verhalten mit dem Unterschiede jedoch, dass beim Erwachsenen die nervösen Fortsätze nicht weit zu verfolgen sind, so dass es nicht gelingt, einigermassen genauere Beobachtungen über dieselben anzustellen.

Was dagegen die Nervenfasern anlangt, so springt sofort der grosse Unterschied in die Augen, einmal dass beim Erwachsenen keine nackten Achsencylinder mehr vorkommen, wenigstens an Präparaten, die nach der *Golgi*'schen Methode behandelt wurden, nicht aufzufinden sind und zweitens, dass auch im Allgemeinen keine Verästelungen von Nervenfasern und Seitenästchen derselben zur Beobachtung gelangen. Man könnte so beinahe zur Annahme verführt werden, dass das Mark des Erwachsenen wesentlich anders gebaut sei, als dasjenige des Embryo. Eine solche Vermuthung wäre jedoch sicherlich unberech-

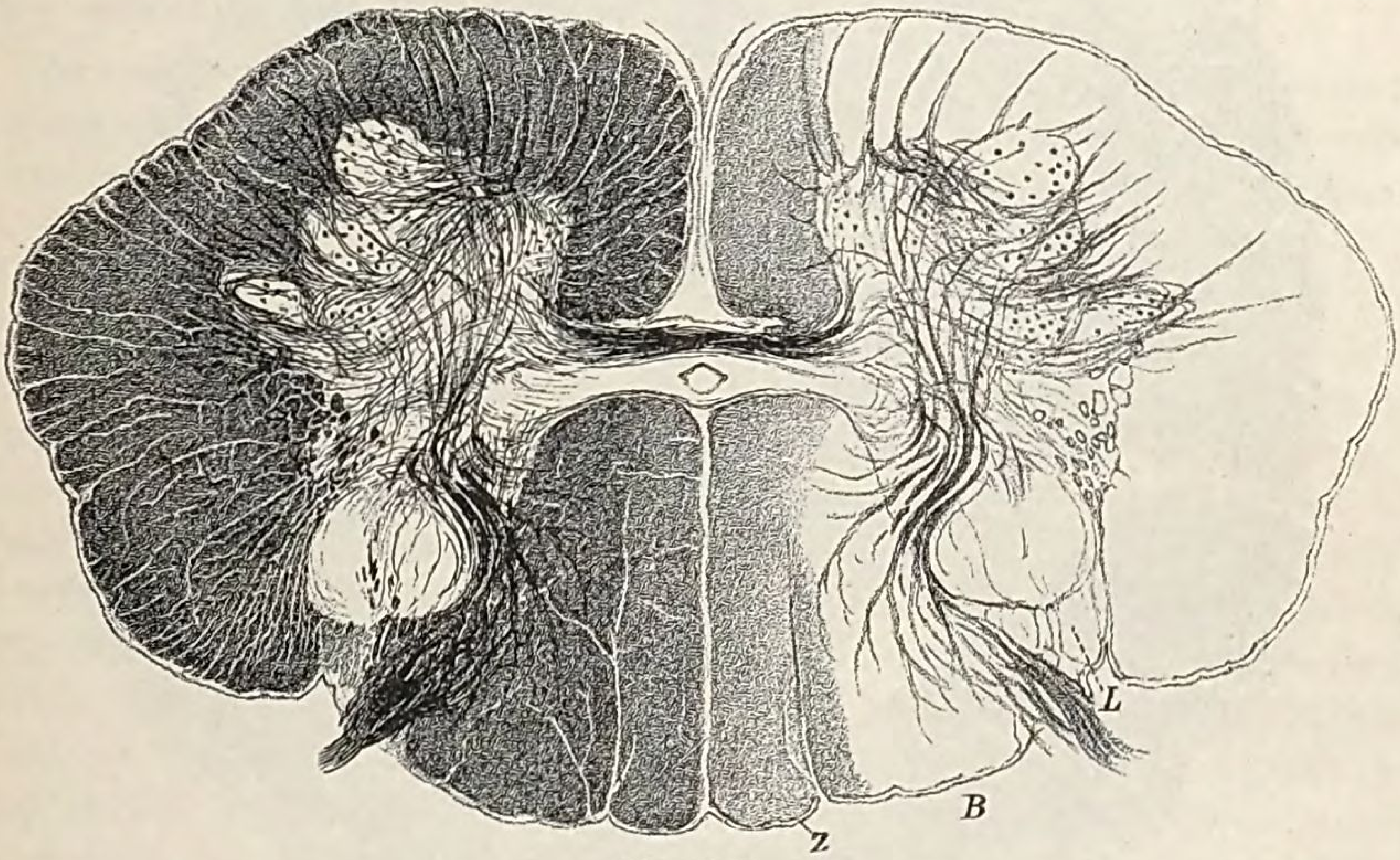


Fig. 395.

tigt und sollen im Folgenden die Gründe dargelegt werden, welche zu diesem Ausspruche führen.

Die wichtigsten Eigenthümlichkeiten des fötalen Markes sind 1. die Collateralen der Strangfasern, 2. die freien Endigungen dieser Collateralen, vieler Strangfasern und der sensiblen Wurzelfasern und 3. die gabelförmigen Theilungen der sensiblen Wurzelfasern und ihr direkter Anschluss an die Fasern der Dorsalstränge, während keine sensible Wurzelfaser unmittelbar in die Dorsalhörner eingeht. Betrachten wir nun das Mark des Erwachsenen mit Rücksicht auf diese 3 Punkte genauer, so finden wir Folgendes:

Fig. 395. Querschnitt des Halsmarkes eines zweijährigen Kindes nicht ganz 10 mal vergr. (*Weigert*). Die Zellen des Vorderhorns bilden 1. eine mediale Gruppe mit einer ventralen und dorsalen Abtheilung, 2. eine laterale Gruppe mit einer ventralen, einer dorsalen Abtheilung und 3. eine Gruppe im Seitenhorn mit einem lateralen und einem medialen Haufen. Sehr entwickelt sind die Collateralen des Dorsalstranges in das Ventralhorn. *L Lissauer*'sche Randzone, *B Burdach*'scher Strang, *Z Goll*'scher Strang. Eine zarte graue dorsale und eine starke weisse Kommissur vorhanden.

ad 1. Fasern, welche wie die Collateralen des fötalen Markes verlaufen, sind im Marke des Erwachsenen an *Weigert'*schen Präparaten sehr leicht nachzuweisen. Im ganzen Umkreise des ventralen Hornes dringen in feineren und gröberen Bündeln aus dem Ventralstrange und dem Seitenstrange eine grosse Zahl feiner Nervenfasern, von denen die stärksten kaum über 4 μ und die feinsten 1—2 μ messen, horizontal oder leicht schief in die graue Substanz hinein, lassen sich da oft noch als Bündel weit verfolgen und lösen sich



Fig. 396.

schliesslich in ein Flechtwerk feinster Fäserchen auf, das alle Zellen und vor allem die grossen motorischen Nervenzellen umstrickt. Aehnliche Elemente kommen aus der Ecke des Seitenstranges und weiter dorsalwärts aus diesem selbst heraus und dringen in das Dorsalhorn, wo sie ebenfalls in dem feinen Flechtwerk sich verlieren, das auch hier alle Zellen umgiebt. Verfolgt man diese Faserbündel in die Stränge hinein, so ergiebt sich, dass dieselben den

Fig. 396. Vom unteren Lendenmark des Menschen nach einem Präparate von *Klönne* und *Müller* in Berlin (Nr. 11153), Färbung nach *Weigert* und *Pal*. Es ist ein Theil der grauen Substanz des ventralen Hornes mit den angrenzenden Theilen des Seitenstranges dargestellt zum Nachweise der feinen markhaltigen Fasern, die aus dem Seitenstrange in die graue Substanz eintreten und die hier mit zierlichen pigmentirten Granulis versehenen Nervenzellen umgeben. Starke Vergr.

gefässhaltigen Scheidewänden folgend, welche die Stränge zierlich zerklüften (siehe unten), mehr weniger weit, ja selbst bis nahe an die Oberfläche in die Stränge eindringen und nach und nach zarter werdend, indem Faser um Faser sich verliert, schliesslich ganz fein mit einzelnen Fäserchen enden.

Ganz verschieden von diesen Fäserchen, die ich entschieden für Collateralen halte, sind stärkere Fasern, die aus der grauen Substanz der ventralen Hörner in den Seitenstrang und durch die weisse Kommissur in den Ventralstrang und die ventralen Hörner der anderen Seite treten und in den betreffenden Strängen, besonders in dem Seitenstrange ebenfalls weit in dieselben hinein und bis gegen die Oberfläche sich verfolgen lassen. Diese Fasern, die den Durchmesser der gröberen Strangfasern besitzen, halte ich für nervöse Fortsätze derjenigen Zellen der grauen Substanz, die oben als Strangzellen bezeichnet wurden, welche in logitudinale Fasern der Stränge übergehen.

Zu den vorhin beschriebenen Collateralen gehören nun auch ohne Zweifel alle Fasern und Faserbündel, die aus den dorsalen Strängen selbst und scheinbar aus den dorsalen Wurzeln in die *Substantia gelatinosa* und in das dorsale Horn eintreten. Verfolgt man die gröberen Fasern der sensiblen Wurzeln, die nach *Lissauer*'s Beobachtung die mediale Seite derselben einnehmen, so findet man, dass keine dieser Fasern, die z. Th. in den Dorsalstrang, z. Th. in die Randzone der *Subst. gelatinosa* eintreten, als solche weiter geht, vielmehr sind alle Fasern dieser Substanz feine und feinste Elemente gerade wie die oben als Collateralen der ventralen und Seitenstränge gedeuteten Bildungen. Somit wäre entweder anzunehmen, dass die sensiblen Wurzelfasern in ihrem weiteren Verlaufe erheblich sich verschmälern, wie ich das früher that, oder es wären die betreffenden feinen Elemente als collaterale Aestchen der sensiblen Wurzelfasern anzusehen und anzunehmen, dass diese letzteren mit ihrer ursprünglichen Stärke den hinteren Strängen sich anschliessen. Für die Richtigkeit der letzten Auffassung spricht auch noch das, dass von den genannten feinen Fasern eine bedeutende Zahl aus den ventralen Theilen der Dorsalstränge abstammen, in welche keine sensiblen Wurzelfasern gelangen und an der lateralen Fläche derselben in Richtungen (quer oder selbst schief nach der ventralen Seite hin) austreten, welche jeden Gedanken an einen unmittelbaren Zusammenhang derselben mit sensiblen Wurzeln ausschliessen.

Die feinen lateralen Fasern der sensiblen Wurzeln bieten natürlich zu keinen solchen Ableitungen Veranlassung, wie sie eben gemacht wurden, und lässt sich bei diesen nur vermuthen, dass dieselben ebenso sich verhalten, wie die gröberen Fasern, da bei Embryonen alle sensiblen Wurzelfasern sich gleichmässig theilen und Collateralen abgeben.

Aus dem bisher geschilderten geht somit hervor, dass im Marke des Erwachsenen unzweifelhaft: 1. Fasern vorkommen, die wie die nervösen Fortsätze der Strangzellen sich verhalten und 2. Elemente, welche wie die Collateralen des fötalen Organes, aus den weissen Strängen in die graue Substanz hineinlaufen. Der volle Beweis der Identität der letztgenannten Fasern mit den Collateralen wäre jedoch erst dann erbracht, wenn sich nachweisen liesse, dass dieselben beim Erwachsenen ebenso entspringen und enden wie dort. Letzterer Punkt wird sub 2 besprochen werden und bemerke ich hier über die erste Frage

Folgendes: Trotz vieler Bemühungen ist es mir bis jetzt nur in einigen wenigen Fällen gelungen, im Marke des erwachsenen Menschen den Abgang von Collateralen von Strangfasern zu sehen, doch zweifle ich nicht daran, dass es möglich sein wird, an isolirten Achsencylindern von Strangfasern solche Beobachtungen häufiger anzustellen. Bei der Katze ist es mir ebenfalls geglückt, im Marke eines 11 Tage alten Thieres in den Hintersträngen Collateralen an Fasern zu beobachten, die bereits markhaltig waren, und ebenso in der *Medulla oblongata* an den Elementen der äusseren Bogenfasern. Dasselbe meldet *Ramón y Cajal* (Anat. Anz. 1890 S. 90) vom Marke junger Thiere, das nach Pal gefärbt war und fügt er noch bei, dass die Collateralen von *Ranvier*'schen Einschnürungen ihren Ursprung nehmen, welche dieser Autor, wie oben auseinandergesetzt wurde, auch an centralen Fasern annimmt, mit welchem Rechte und auf welche Thatsachen gestützt, ist mir allerdings unbekannt, da es mir bis jetzt nicht geglückt ist, an den markhaltigen Fasern der Centralorgane *Ranvier*'sche Einschnürungen zu finden (siehe oben S. 4).

Ad 2. Freie Endigungen irgend welcher Nervenfasern im Rückenmarke des Erwachsenen zu finden, ist mir bisher nicht geglückt. Aus dem Umstande, dass das nach den *Golgi*'schen Methoden behandelte Mark erwachsener Geschöpfe (Mensch, Ochs, Katze, Kaninchen), sowie das mit Osmiumsäure behandelte frische Mark keine marklosen Fäserchen, keine nackten Achsencylinder zeigt, könnte der Schluss abgeleitet werden, dass das ausgebildete Mark nur markhaltige Nervenfasern besitzt und dass alle Collateralen bis zu ihren letzten Endigungen markhaltig sind, wie dies auch *Ramón y Cajal* annimmt (Anat. Anz. 1890 S. 90); doch kann ein solcher Schluss keineswegs als gesichert betrachtet werden, da die *Golgi*'sche Methode doch viele Unsicherheiten in sich birgt und am frischen Marke marklose Nervenfasern und Ausläufer einerseits von Protoplasmafortsätzen der Nervenzellen, anderseits von Gliazellen schwer zu unterscheiden sind. Ich möchte daher für einmal nur soviel sagen, dass bis jetzt marklose Nervenfasern im Marke erwachsener Thiere nicht zur Beobachtung gekommen sind.

Dasselbe negative Ergebniss habe ich auch in Betreff der gröberen Verästelungen der Collateralen und der Enden der Strangfasern innerhalb der grauen Substanz zu verzeichnen. Immerhin kann hier erwähnt werden, dass aus älterer und neuerer Zeit einige Beobachtungen über Theilungen von dunkelrandigen Nervenfasern und von Achsencylindern im Marke der Centralorgane vorliegen, wie von *Ehrenberg*, *Volkmann*, *E. H. Weber*, *Remak* (Observat. pg. 17), *mir selbst* (Mikr. Anat. II S. 427), von *Hessling* (Fror. Notizen 1849 April) im Gehirne von *Cyprinus alburnus*, von *Gerlach* im Marke; doch ist wohl keiner dieser Fälle so gesichert, dass man mit Bestimmtheit sagen könnte, um was es sich bei denselben handelte.

Bei dieser Sachlage erscheint es nun doch von grosser Wichtigkeit, dass die Vertheilung der feinen und gröberen Fasern innerhalb der grauen Substanz beim Erwachsenen solche Eigenthümlichkeiten zeigt, dass die Annahme sehr nahe liegt, dass die ersteren ebenso sich verhalten wie beim Fötus und Neugeborenen. Ohne Ausnahme nämlich bilden die feinen und feinsten Fasern überall dichte Plexus um die Nervenzellen herum (Fig. 396) und wenn auch dieselben nicht als von sich verästelnden Elementen gebildet zu erkennen sind, was bei ihrer Dichtig-

keit kaum Wunder nehmen kann, so zeigen dieselben doch wesentlich denselben Habitus wie beim Fötus. Die schönsten solcher Geflechte liegen auch hier um die grossen motorischen Zellen herum, doch fehlen dieselben nirgends und sind auch an anderen Orten z. Th. sehr zierlich, wie z. B. in den *Clarke*'schen Säulen, wo dieselben schon früher manchen Beobachtern auffielen. Grosse Beachtung verdient endlich, dass die feinsten an solchen Präparaten vorkommenden Fäserchen nahezu dieselben geringen Durchmesser zeigen, die an *Golgi*'schen Präparaten von Embryonen vorkommen. So finde ich beim Erwachsenen vor allem in der dorsalen Kommissur, dann in der *Substantia gelatinosa*, endlich in den Nervenplexus, die die grossen motorischen Zellen umgeben, in Menge dunkelrandige Elemente, die nur Bruchtheile von 1 μ betragen. Solche Fäserchen können nur den letzten Endigungen von Collateralen oder Strangfasern angehören, auch wenn dieselben keine Theilungen und wirkliche Enden zeigen.

ad 3. Die Theilungen der sensiblen Wurzelfasern anlangend, so habe ich vorläufig nur beim Menschen den Versuch gemacht, dieselben an den dunkelrandigen Fasern nachzuweisen und ist es mir auch gelungen, an Frontalschnitten nach *Weigert* gefärbter Präparate solche in einigen wenigen Fällen mit Sicherheit zu beobachten. Und zwar betrafen die Theilungen, die ich sah, sowohl breite als feine Fasern der dorsalen Wurzeln. Auch mit Bezug auf diese Verhältnisse habe ich die feste Ueberzeugung, dass sich Methoden finden werden, welche einen leichten Nachweis derselben gestatten werden, doch lag für mich kein Grund vor, dieser Aufgabe viele Zeit zu widmen, da nicht der geringste Zweifel besteht, dass die beim Fötus gefundenen Verhältnisse auch für den Erwachsenen Geltung haben.

Alles wohl erwogen glaube ich nicht zu irren, wenn ich, obschon z. Th. nur als Hypothese, annehme, dass das Mark des Erwachsenen das nämliche Verhalten der Fasern und denselben Faserverlauf zeigt, wie dasjenige des Fötus.

§ 127.

Muthmasslicher Zusammenhang der Elemente des Markes. Allgemeine physiologische Ableitungen. In den 24 Jahren, welche seit der Ausgabe der 5. Auflage dieses Handbuches verstrichen sind, haben sich unsere Kenntnisse über den Verlauf und die Beziehungen der Elemente des Markes zu einander sehr wesentlich geändert und darf man nun mit mehr Aussicht auf Erfolg als damals über diese schwierigen Verhältnisse sich äussern.

Näher auf diese Fragen eingehend ist es vor allem nöthig, die Leistungen der nervösen Elementartheile des Markes im Allgemeinen zu kennen und da ergiebt dann eine Umschau Folgendes: Das Rückenmark enthält wesentlich nur zweierlei Nervenfasern: centrifugal und centripetal leitende. Beide Gruppen zerfallen dann wiederum in zwei Unterabtheilungen, je nachdem dieselben direkt mit den motorischen und den Sinnesapparaten in Verbindung stehen oder indirekt und lassen sich demzufolge folgende Nervenfasereinheiten (*Neurônen*) annehmen:

1. Direkt motorische Neurônen — die motorischen Wurzeln und ihre Ausbreitungen;

2. indirekt motorische Neurônen — die Pyramidenbahnen;

3. direkt sensible Neurônen — die sensiblen Wurzeln mit ihren peripheren Theilen und mit ihren direkt der Sensibilität dienenden Leitungsbahnen in den Dorsalsträngen sammt allen Collateralen;

4. indirekt sensible Neurônen. Hierher zählen a) als lange Bahnen alle von Strangzellen des Markes entspringenden Strangfasern mit allen ihren Collateralen, somit die ganze weisse Substanz des Markes mit Ausnahme der Pyramidenbahnen und der direkt sensiblen Bahnen. b) Als kurze Bahnen die nervösen Fortsätze der *Golgi*'schen Zellen der II. Art.

Ebenso wie die Fasern zerfallen auch die Zellen:

1. In direkt motorische — die Ursprungszellen der motorischen Wurzelfasern;

2. in indirekt motorische — die Ursprungszellen der Pyramidenbahnfasern;

3. in direkt sensible — die Zellen der Spinalganglien;

4. in indirekt sensible — alle Strangzellen und die *Golgi*'schen Zellen der II. Art.

Diesem zufolge sind im Rückenmarke die centripetalleitenden Elemente, die man allgemein als sensible bezeichnen kann, bei weitem vorwiegend.

Fragen wir nun weiter nach der Art und Weise der Einwirkung der Elemente des Markes aufeinander, so ergiebt sich, dass dieselben in einer doppelten Weise sich gestalten.

In den einen Fällen wirken die Zellen und Nervenfasern unmittelbar auf einander und zwar so, dass die Erregung von den Zellen ausgeht, während in den andern Fällen eine Actio in distans statt hat, so dass Nervenfasern, ohne mit den Zellen in Verbindung zu stehen, dieselben beeinflussen.

Unmittelbare Einwirkungen von Zellen auf Fasern finden sich:

1. Bei den Fasern der motorischen Wurzeln, die als unmittelbare Fortsetzungen der nervösen Fortsätze gewisser Zellen der Ventralhörner erscheinen.

2. Bei allen Strangzellen und den von ihnen entspringenden Längsfasern der Stränge.

3. Bei den Zellen von *Golgi*'s II. Typus in ihren Beziehungen zu ihren reich verästelten nervösen Fortsätzen.

4. Bei den Spinalganglien, deren Nervenzellen entweder direkt (bipolare Zellen) oder vermittelst einer T-förmigen Faser mit den sensiblen Fasern sich verbinden.

Im ersten Falle ist es unzweifelhaft, dass die Nervenzelle erregend auf die motorische Faser einwirkt und wird es so in hohem Grade wahrscheinlich, dass dasselbe auch im 2. Falle statthat. Somit würde beide Male die Erregung cellulifugal sich fortpflanzen, wenn sie auch nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche in dem einen Falle centrifugal, im andern meist centripetal vor sich geht.

Im dritten Falle (Spinalganglien) wirkt die Zelle, wie es scheint, in vielen Fällen gar nicht erregend auf die mit ihr verbundenen Nervenfasern ein, in denen die Leitung nur nach einer Seite centripetal statt hat, in andern Fällen dagegen scheinen solche Verhältnisse Platz zu greifen, wenigstens für den Fall, dass die neuen Beobachtungen von *Ehrlich* und vor allem von *Ramón* sich

bestätigen, denen zufolge die Spinalganglienzellen von Endigungen gewisser (sympathischer?) Nervenfasern umsponnen werden (Pequennas comunic. anat. 20. Dez. 1890 I). Abgesehen hiervon lässt sich mit Recht annehmen, dass die betreffenden Zellen die Rolle von Ernährungsorganen der Nervenfasern spielen, wofür der Beweis darin liegt, dass die sensiblen Fasern stets zu Grunde gehen, wenn sie nicht mit den Spinalganglien in Verbindung stehen. Bei Durchschneidungen an der distalen Seite der Ganglien entarten alle peripherischen Fasern absteigend, bei solchen an der proximalen Seite alle centralen Fasern aufsteigend. (Eigene Versuche contra *F. Krause* und *Friedländer*.)

In einem zweiten Falle stehen Zellen und Fasern in keiner unmittelbaren Verbindung und können nur durch Kontakt auf einander wirken. Solche Verhältnisse finden sich:

1. Bei den sensiblen Wurzelfasern, die theils schon im Marke, theils in der *Medulla oblongata* in die graue Substanz abbiegen und mit feinen Aestchen frei enden.

2. Bei den Endigungen von vielen longitudinalen Fasern der ventralen und Seitenstränge, die in die graue Substanz eintreten.

3. Bei den Endigungen der Collateralen aller Stränge innerhalb der grauen Substanz.

4. Bei den Endigungen der Seitenästchen der Nervenfaserfortsätze vieler Zellen der grauen Substanz.

5. Bei den nervösen Fortsätzen gewisser Zellen der Dorsalhörner, die in toto aufs feinste innerhalb der grauen Substanz sich verästeln.

Da in vielen Fällen leicht nachzuweisen ist, dass die genannten Faserenden die Nervenzellen dicht umspinnen, ohne mit denselben sich zu verbinden, so ist die Hypothese gerechtfertigt, dass hier eine Einwirkung durch Kontakt vor sich gehe, für welche Art der Wirkung in neuester Zeit *Forel*, *His*, *Ramón y Cajal* und *ich* uns ausgesprochen haben, während andere Beobachter, wie *Nansen* und vor allem *Golgi* und seine Schüler an der Annahme eines allverbreiteten zusammenhängenden Nervennetzes im Sinne von *Gerlach* festhalten. In dieser Beziehung bemerke ich noch folgendes. Es würde der Lehre von der Actio in distans der Nervenelemente auf einander einen harten Stoss versetzen, wenn ein so hervorragender und umsichtiger Forscher wie *Golgi* ganz entschieden und bestimmt gegen dieselbe sich ausspräche. Ich finde jedoch in den älteren und neueren Auslassungen *Golgi*'s über das Nervennetz nirgends jene Bestimmtheit, die in einer so wichtigen Frage hervorzutreten hätte, wenn dieselbe ausschlaggebend sein sollte. Meist bleibt der Leser im Zweifel, ob der *intreccio* nun wirklich ein Netz oder nur eine dichte Verflechtung, einen Filz bedeute. Ja selbst in seiner letzten grossen Arbeit (Nr. VI S. 293) blieben mir trotz einer etwas sicherer lautenden Stelle noch Zweifel. wo es heisst: „In meinen Präparaten macht das sehr dichte und feine interstitielle Geflecht nicht allein im Ganzen den Eindruck eines Netzgewebes, sondern es lassen sich wirklich Verbindungen von Faser zu Faser nachweisen, so dass vollkommen geschlossene Maschen entstehen. Aber die Beobachtung dieser Thatsache gelingt durchaus nicht so leicht und so häufig, dass man daraus die Gesetze verstehen könnte, denen die Bewerkstelligung dieser Verbindungen unterworfen scheint. Ob es

sich um ein Netz im eigentlichen Sinne des Wortes oder um nur ein Geflecht handelt, darüber glaube ich noch die grösste Reserve beobachten zu sollen; indem ich für jetzt nur feststelle, dass es sich um eine unendliche Theilung von Fasern handelt. Ich muss indessen hinzufügen, dass sich bei der Feinheit und der ausserordentlichen Komplikation und Innigkeit der Beziehungen des Fasergewebes, wie sie sich in den Sublimatpräparaten darstellt, die materielle Verbindung oder das Zusammenfliessen von Faser mit Faser nicht mehr als ein nothwendiges Erforderniss erscheint, um die funktionellen Beziehungen zwischen den verschiedenen Zellengruppen und Provinzen des Centralnervensystems zu erklären.“ In den Zweifeln, die diese Stelle erweckt, wird man nur bestärkt, wenn man weiss, dass *Golgi* nirgends das fragliche Netz abbildet, sowie dass er auch an einem Orte, wo man dasselbe von seinem Standpunkte aus sicher erwarten dürfte, nämlich bei den Verästelungen seiner Zellen des II. Typus, nirgends ein Netz oder Anastomosen zeichnet, obschon er Verästelungen der Art darstellt, die an Reichthum der Verzweigungen ihres Gleichen suchen, wie bei den kleinen Zellen der *Fascia dentata* (Nr. III Taf. XXIII).

Wenn es nur auf Abbildungen ankäme, so wäre *Dogiel* ein viel gefährlicherer Gegner der Actio in distans-Theorie als *Golgi*, indem derselbe in älteren und neueren Arbeiten über die Netzhaut sowohl Anastomosen der Dendriten der Nervenzellen derselben, als auch eine netzförmige Vereinigung von Achsencylinderfortsätzen und ein Entspringen von solchen aus dieser und aus Dendritennetzen in prachtvollen klaren Bildern darstellt (siehe auch die eben erschienene Arbeit im Arch. f. mikr. Anat. 1893 Bd. 41 Heft 1 Taf. IX u. X). Ich kann jedoch nicht umhin, diese Bilder mit Zweifeln zu betrachten, da ich weiss, wie schwer es hält bei reichen Verästelungen, wie z. B. bei den *Purkinje*'schen Zellen und den Enden der Collateralen, Kreuzungen feiner Fäserchen von Verbindungen zu unterscheiden, und möchte auch noch aus dem Grunde die Netzhaut in dieser Frage nicht voranstellen, da Niemand mit Sicherheit zu sagen im Stande ist, welche Elemente dieser Haut nervös und welche Gliazellen sind. Auch *Ramón* hält die *Dogiel*'schen Netze für Trugbilder (Nr. VIII).

Was die Dendriten der Nervenzellen anlangt, so bin ich auch im Verlaufe meiner neuesten Untersuchungen über die Bedeutung derselben nicht vollkommen ins Klare gekommen und sehe mich vorläufig nicht in der Lage, eine ganz bestimmte Ansicht zu äussern. Sicher ist, dass diese Elemente nicht in Nervenfasern sich fortsetzen und nicht anastomosiren. Demzufolge könnten dieselben, wenn sie leitende nervöse Apparate wären, nur durch Kontakt in folgenden Weisen thätig sein. Einmal könnten dieselben auf andere Protoplasmafortsätze wirken und so Uebertragungen von Zelle zu Zelle vermitteln. Oder es könnten dieselben zweitens Zellenkörper direkt beeinflussen oder drittens auf Endverästelungen von Nervenfasern einwirken oder umgekehrt von solchen beeinflusst werden. Im ersten und dritten Falle würden die Dendriten cellulifugal und cellulipetal wirksam sein, im zweiten nur cellulifugal.

Die über die Protoplasmafortsätze bekannt gewordenen Thatsachen sind z. Th. nach der einen, z. Th. nach der anderen Seite verwerthbar und sollen dieselben bei der grossen Wichtigkeit dieser Frage hier noch im Einzelnen besprochen werden, ohne spezielle Rücksichtnahme auf das Rückenmark allein.

Für die nervöse Natur der Protoplasmafortsätze sprechen:

a) Ihre Struktur und ihre chemische Natur, die nicht wesentlich von derjenigen der nervösen Fortsätze der Nervenzellen abweicht, wie namentlich frische Objekte lehren; denn wenn auch Protoplasmafortsätze mehr feinstreifig, nervöse Fortsätze mehr homogen aussehen, so ist doch hierauf kein grösseres Gewicht zu legen, da ja auch die letzteren unzweifelhaft aus Achsenfibrillen bestehen.

b) Der Umstand, dass nicht selten, wie auch *Golgi* zugiebt, nervöse Fortsätze von den Stämmen von Protoplasmafortsätzen und zwar oft in nicht unbedeutender Entfernung vom Zellenkörper entspringen. In dieser Beziehung sind besonders die Erfahrungen *Ramón y Cajal*'s über den *Lobus opticus* der Vögel wichtig (siehe Taf. IX die Zellen *j, u, o*) und noch bedeutungsvoller diejenigen über die Zellen der äussersten Rindenlage des Kaninchengrosshirns, deren Protoplasmafortsätze z. Th. nach längerem Verlaufe je in einen protoplasmatischen und einen nervösen Fortsatz sich theilen.

c) Die grosse Uebereinstimmung der Protoplasmafortsätze im Bau mit denjenigen der Körper der Nervenzellen, der doch unmittelbar an den nervösen Funktionen sich betheiligt, wie die motorischen Zellen des Markes wohl unwiderleglich beweisen.

d) Die grosse Mannigfaltigkeit in der Zahl, Grösse und Verbreitungsart dieser Fortsätze, die sehr oft in keiner Beziehung zur Grösse der Zellen steht und auf besondere physiologische Beziehungen derselben hinweist. Hier scheinen besonders massgebend die so eigenthümlichen Pyramidenzellen des Grosshirns, die *Purkinje*'schen Zellen mit ihren die ganze Molekularlage des Cerebellum durchziehenden Dendriten, die nach zwei entgegengesetzten Seiten sich verästelnden Zellen des Ammonshorns (*Golgi*), die Zellen des Rückenmarks, deren reiche Dendritenbüschel in der vorderen Kommissur sich kreuzen (*Ramón*).

e) Weiter erwähne ich als besonders wichtig die Möglichkeit, dass Nervenzellen vorkommen, die nur Dendriten und keine nervösen Fortsätze haben. Als solche führt *Ramón* die nach zwei Seiten verästelten Zellen der Körnerschicht des *Bulbus olfactorius* auf. Auch *Golgi*, der diese Zellen den kleinen Pyramidenzellen des Grosshirns vergleicht, war nicht im Stande, an denselben mit Sicherheit einen nervösen Fortsatz zu finden. Auch in der Netzhaut scheinen solche Zellen vorzukommen.

f) In einer andern Weise, aber ebenso schlagend ist die Thatsache, dass bei Wirbelthieren und bei Wirbellosen multipolare Nervenzellen sich finden, die keine Unterschiede ihrer verschiedenen Ausläufer zeigen, die alle für marklose Nervenfasern zu halten sind. Bei Wirbelthieren gehören hierher viele Zellen des *Sympathicus* (*ich, Ramón*), ob alle, ist noch zweifelhaft und wie man bis jetzt annahm, die von *Panasci* und *Fusari* beschriebenen Zellen in der Zungenmucosa, die sich jedoch nach den neuesten Untersuchungen von *Retzius* (Biol. Unters. IV S. 25) als Bindegewebszellen ergeben. Bei Wirbellosen sind multipolare Zellen selten. Wo dieselben aber vorkommen, zeigen sie Verhältnisse, die gegen das Vorkommen von zweierlei Fortsätzen sprechen. Zwar besitzen die betreffenden Zellen neben feineren verzweigten Ausläufern einen stärkeren Fortsatz. Allein dieser giebt ebenfalls, wie *Retzius* nachweist, feinere Verzweigungen ab und ist kein Grund vorhanden, die einen

dieser Aestchen für nervös zu halten und die andern nicht (s. *Retzius* Biol. Unt. Neue Folge I Taf. VIII und X).

g) Von der grössten Bedeutung in dieser Frage ist der zuerst durch *Golgi* und dann später durch *Ramón* und seinen Bruder, durch *v. Gehuchten* und *mich* ermittelte Bau der *Glomeruli olfactorii*. In diesen enden einerseits die von gewissen Zellen des Riechepithels entspringenden feinen *Fila olfactoria* mit reichen Verästelungen, während auf der andern Seite gewisse Dendriten von Zellen des Bulbus in denselben sich reich verzweigen, deren nervöser Fortsatz im *Tractus olfactorius* zum Gehirn läuft. Unzweifelhaft findet hier eine Uebertragung von Enden von Nervenfasern auf letzte Ausläufer von Dendriten statt und muss man ferner annehmen, dass dieselben ihren Zustand cellulipetal weiterleiten. In derselben Weise müssen auch in der Netzhaut die Zellen des *Ganglion nervi optici*, die ihre nervösen Fortsätze in den Opticus senden, und die bipolaren Zellen des *Ganglion retinæ* ihre Erregungen durch ihre Dendriten erhalten, auf welche die Enden der nervösen Fortsätze der bipolaren Zellen und die Enden der Stäbchen- und Zapfenfasern Kontaktwirkungen auszuüben im Stande sind.

Für eine Beziehung der Protoplasmafortsätze zu andern Funktionen und gegen die Annahme einer nervösen Verrichtung derselben sind anzuführen:

a) Das sehr häufige Eindringen von Protoplasmafortsätzen in die Stränge der weissen Substanz des Markes, in denen die Enden derselben oft bis gegen die Oberfläche sich fortsetzen. Diese Thatsache, die *Golgi* entdeckt und *Nansen* und *ich*, sowie *Ramón*, *v. Gehuchten*, *Cl. Sala* und *Lavdowsky* bestätigt haben (s. oben), betrachte ich als eine der wichtigsten, die für die Annahme von *Golgi* sprechen, dass diese Fortsätze in gewissen Fällen einzig und allein eine Bedeutung für die Ernährung der Nervenzellen haben und denselben, gewissermassen wie Wurzeln, aus der Ferne Säfte zuleiten. Doch soll nicht verschwiegen werden, dass *Ramón* auch an diesen Orten an nervöse Einwirkungen innerhalb der weissen Substanz des Markes zwischen den Ausläufern der Dendriten und den Collateralen der Strangfasern denkt, eine Annahme, die doch ihr Bedenkliches hat, wenn man erwägt, dass bei *Myxine* nach *Nansen* und *Retzius* und bei *Petromyzon* nach *Retzius* diese Dendriten bis an die äusserste Oberfläche der weissen Substanz verlaufen und dann mit kleinen Knöpfchen enden.

Ein eigenthümlicher, auf den ersten Blick nicht leicht zu deutender Verlauf von Dendriten findet sich ferner bei vielen Pyramidenzellen des Cerebrum, deren reichverzweigte Dendriten bis zur Oberfläche der Rinde reichen (*Retzius*, *ich*) und bei den *Purkinje*'schen Zellen, deren Verzweigungen ebenfalls bis in Gegenden sich erstrecken, die weder Nervenfasern noch Nervenzellen führen. Doch sind auch in diesen Fällen gewisse Möglichkeiten vorhanden, die eine Betheiligung der betreffenden Dendriten an den nervösen Funktionen als annehmbar erscheinen lassen. So könnten beim Cerebellum die longitudinalen, in so reichlicher Menge die Molekularlage durchziehenden nervösen Fortsätze der kleinen Körnerzellen Beziehungen zu den Dendriten der *Purkinje*'schen Zellen haben und beim grossen Hirn die oberflächlichen Nervenzellen oder Nervenfasern.

b) Sehr wichtig für die Lösung dieser Frage wäre, wenn die Angabe von *Golgi*, dass die Enden der Protoplasmafortsätze der Nervenzellen einmal an die Gliazellen und zweitens auch an Gefässe sich ansetzen, sich als richtig ergäbe (Hauptwerk S. 26). Wir haben jedoch schon oben (S. 35) gezeigt, dass diese Behauptung vorläufig nicht als bewiesen erachtet werden kann und erlaube ich mir noch besonders zu betonen, dass selbst wenn solche Beziehungen in gewissen Fällen vorkämen, dieselben doch nur Ausnahmen darstellen würden, und dass jedenfalls die überwiegende Menge der Ausläufer der Dendriten mit Gefässen und Gliazellen nichts zu thun hat, wie vor allem die *Purkinje*'schen und Pyramidenzellen ganz entschieden darthun.

c) Beachtung verdient weiter, dass an vielen Orten besondere Beziehungen der Protoplasmafortsätze weder zu andern solchen Fortsätzen, noch auch zu den Endigungen von Collateralen und Nervenfasern und zu den Nervenzellen selbst wahrzunehmen sind. Wenn man bedenkt, wie innig solche Beziehungen zwischen den Endverästelungen der Nervenfasern und Collateralen einerseits und den Nervenzellen andererseits sind und wie leicht dieselben zur Beobachtung kommen, so erhalten doch diese negativen Erfahrungen eine gewisse Bedeutung.

d) Zu erwähnen ist ferner, was *Gad* hervorhebt (Artikel Rückenmark in Realencyklopädie d. ges. Heilkunde 2. Aufl. Separatabdr. S. 13). Da jede Nervenfaser künstlich gereizt nach zwei Seiten leitet, so müssten die Protoplasmafortsätze der motorischen Zellen des Markes, wenn sie wirklich leiteten, bei Reizung der motorischen Wurzeln die Erregung weiter leiten. Da nun aber eine solche Leitung nicht statthat und keine Bewegungen vom Marke aus erfolgen, schliesst *Gad*, dass die genannten Fortsätze nicht cellulifugal leiten, sondern nur cellulipetal und ich möchte folgern, dass sie gar nicht leiten.

e) Endlich möchte ich noch betonen, dass auch bei der Annahme, dass die Protoplasmafortsätze einzig und allein der Ernährung dienen, die physiologischen Verhältnisse des Markes an der Hand der jetzt bekannt gewordenen Thatsachen ohne Schwierigkeit sich deuten lassen, wie das Folgende lehren wird.

Fassen wir alles zusammen, so scheint, wie die Sachen jetzt liegen, die Wagschale doch in hohem Grade zu Gunsten der nervösen Natur der Dendriten sich zu neigen. Jedoch bin ich nicht gemeint für einmal eine ganz bestimmte Ansicht aussprechen zu wollen und stimme ich auch insofern *Golgi* bei, dass die Dendriten jedenfalls auch Ernährungsapparate der Nervenzellen sind. Eine solche Funktion würde aber die Bedeutung der betreffenden Fortsätze als leitender nervöser Elemente nicht unmöglich machen oder ausschliessen und wäre hier vor allem an die motorischen Zellen zu erinnern, die einerseits mit der von ihnen entspringenden motorischen Nervenfaser in chemischer Wechselwirkung stehen, anderseits durch dieselbe auf die Muskeln wirken.

Schwieriger wird die Frage, wenn es sich darum handelt, zu entscheiden, ob gewisse Dendriten eine solche doppelte Funktion haben, andere nicht. Alles zusammen genommen scheint es mir wesentlich darauf anzukommen, welche Einrichtungen in bestimmten Gegenden vorkommen, um Uebertragungen zwischen Zellen und Nervenfasern zu vermitteln. In allen den Fällen, in denen die Zellenkörper selbst von Enden von Nervenfasern oder Collateralen dicht umsponnen sind, erscheint es minder nöthig, den Dendriten besondere nervöse Funktionen zuzuschreiben, wie z. B. bei den Zellen der motorischen Kerne im Rücken-

marke und der *Medulla oblongata* (hier betone ich vor allem das bekannte dichte feinfaserige Geflecht im Kerne des Hypoglossus, das ich ganz in derselben Weise (s. unten) in den Kernen des III., IV., VI., VII. Nerven und im motorischen Kerne des Quintus finde), in den Endkernen der sensiblen Cerebrospinalnerven (dichte Geflechte in den sensiblen Endkernen des V., VIII., IX. und X. Nerven), in der *Substantia gelatinosa medullæ spinalis,* in den *Clarke*'schen Säulen, im *Nucleus fasciculi cuneati et gracilis,* ferner in der kleinen und grossen Olive u. s. w. Wo dagegen keine solchen Beziehungen sich finden und die Zellenkörper mehr frei liegen oder ganz besondere Einrichtungen vorhanden sind, wie in der *Glomeruli olfactorii,* in der Netzhaut, in der Rinde des Cerebellum und Cerebrum, ist die Annahme, dass die Dendriten als zuleitende oder ableitende Apparate wirken, nicht nur gerechtfertigt, sondern sogar unumgänglich gefordert.

So scheint es, dass die Dendriten in der höheren Sphäre des Nervensystems, im kleinen und grossen Gehirn, sowie in gewissen höheren Sinnesorganen eine wichtigere Rolle spielen, als im Marke und der *Medulla oblongata,* für welche Auffassung auch noch das sich anführen lässt, dass nach *His* bei Embryonen schon eine gewisse Zahl von nervösen Funktionen niederen Grades vorhanden sind, noch bevor Dendriten auftreten, was beim Menschen erst am Ende des zweiten Monates geschieht.

Die tiefste einfachste Nervenzellenform ist offenbar die, bei welcher alle Ausläufer entschieden nervöse Natur haben, wie solche bei den Wirbellosen und im *Sympathicus* der höheren Thiere sich findet. Weiter treten dann Zellen mit zweierlei Fortsätzen auf, von denen die einen in höherem Maasse die Leitung übernehmen als die andern, bis wir am Ende zu Zellen gelangen, bei denen Ein nervöser Fortsatz eine ganz übermässige Entwicklung erlangt und alle nervösen Funktionen für sich allein in Anspruch nimmt, wie bei den motorischen Zellen des Markes.

Als Gesammtergebniss der bisherigen Erörterungen würde sich somit Folgendes herausstellen:

1. Einwirkungen von centripetal leitenden Nervenfasern auf Nervenzellen und centrifugalleitende Nervenfasern gestalten sich einfachsten Falles so, dass die ersteren mit ihren Endigungen durch Kontakt auf die Zellen einwirken und durch diese deren nervöse Fasern erregen.

2. In verwickelteren Fällen besteht die centripetale Leitung aus zwei oder mehr Gliedern und zwar a) aus einer centripetalen Nervenfaser, b) aus einer von den Enden dieser Faser erregten Zelle, die wieder auf die von ihr entspringende Nervenfaser in centripetaler Richtung einwirkt. Diese Faser kann dann centrifugal leitende Zellen beeinflussen oder es kann möglicherweise noch ein drittes centripetal leitendes Glied sich einschieben oder noch mehrere solche. In derselben Weise kann auch die centrifugale Leitung sich vervielfachen und aus zwei, drei oder vielleicht noch mehr Gliedern sich aufbauen, von denen jedes aus einer Zelle und einer centrifugal leitenden Faser besteht. Verwickelter werden die Verhältnisse dadurch, dass 1. bei allen oder wenigstens der Mehrzahl der Glieder durch Collateralen Nebenwirkungen möglich sind und 2. dass eine und dieselbe Zelle auf mehrfachen Wegen in Erregung versetzt werden kann, wie z. B. die motorischen Zellen des Markes einerseits durch

centripetal wirkende sensible Fasern und anderseits durch centrifugal leitende Pyramidenfasern. 3. In gewissen Fällen wirken Nervenfasern nicht direkt auf Zellen, sondern auf deren Dendriten ein und stellen dann diese einen cellulipetal leitenden Apparat dar, wie in den *Glomeruli olfactorii*, in der Rinde des grossen und kleinen Gehirns. Ob Dendriten auch cellulifugal auf andere Dendriten zu wirken im Stande sind, wie *Ramón* dies bei den Spongioblasten der Retina annimmt (Nr. VIII p. 55, 56), bleibt vorläufig dahingestellt.

Vergleicht man diese Hypothese mit der allgemein gültigen von dem Nervennetze, das alle Theile vereint und verknüpft, so ergiebt sich, dass dieselbe den grossen Vorzug hat, isolirte Wirkungen begreiflich zu machen und auf der andern Seite doch auch die Möglichkeit gewährt, eine grosse Ausbreitung lokaler Erregungen zu erklären.

§ 128.

Leitungen und physiologische Verhältnisse des Markes im Einzelnen.

1. Die willkürlichen Bewegungen (Fig. 397 A, B).

Dieselben kommen zu Stande durch Einwirkung der Fasern der Pyramidenbahnen auf die motorischen Zellen der Ventralhörner des Markes und ist der allgemeine Vorgang so zu deuten, dass die Fasern der ventralen Pyramidenbahn und der lateralen Pyramidenbahn und ihre Collateralen nach und nach in die graue Substanz der Ventralhörner eintreten, mit ihren letzten Enden die motorischen Zellen umspinnen und durch Kontakt dieselben, d. h. die Zellenkörper und die von ihnen entspringenden motorischen Wurzelfasern, erregen.

Die Thatsachen, auf welchen diese Hypothese fusst, sind:

a) Der Nachweis zahlreicher Ventral- und Seitenstrangcollateralen, die zu den Zellen aller Theile der Ventralhörner verlaufen und dieselben umspinnen.

b) Die Beobachtung von longitudinalen Fasern der genannten Stränge, die in die graue Substanz der Ventralhörner einbiegen und in derselben in gleicher Weise enden.

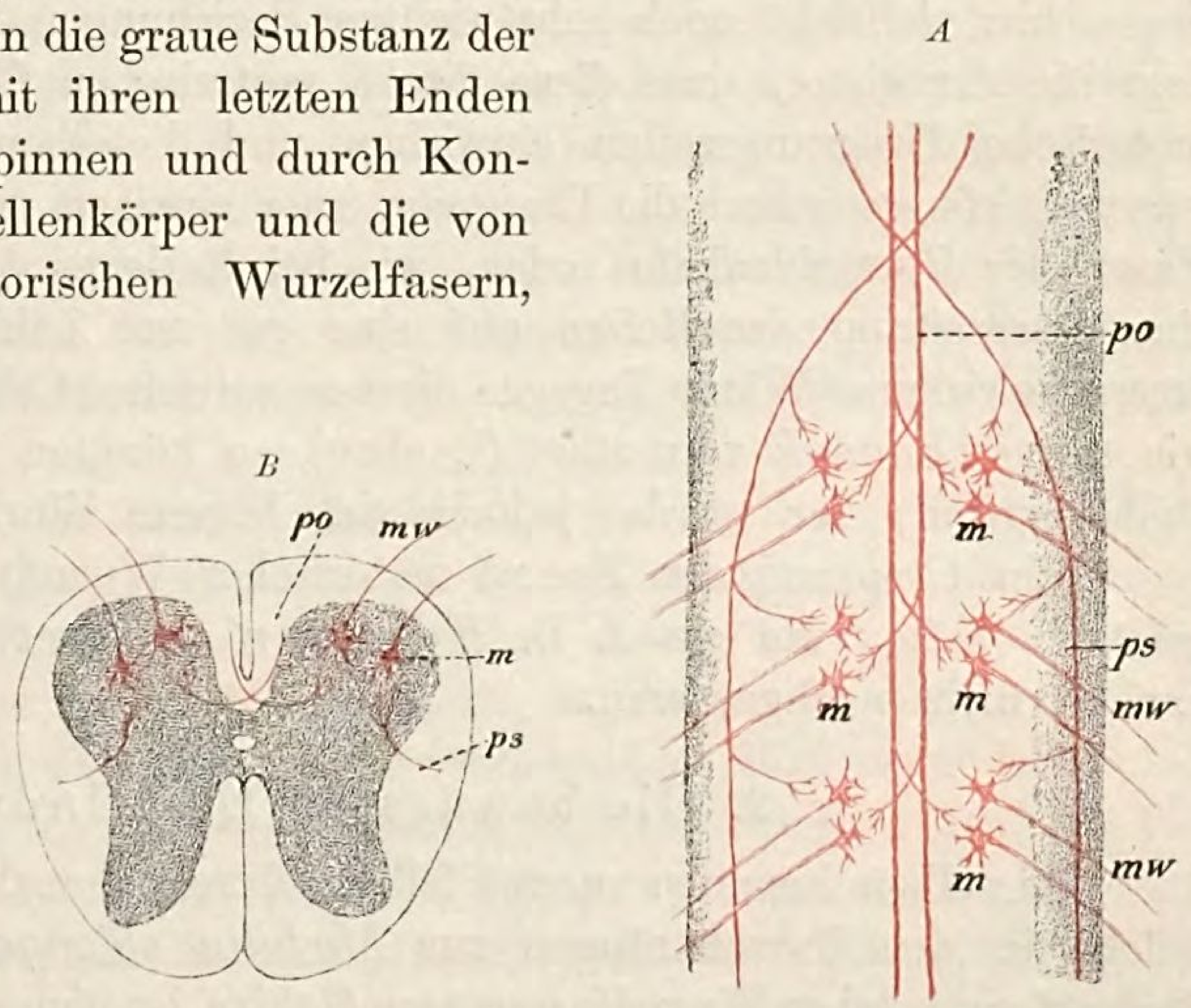


Fig. 397.

In Betreff der Art und Weise, wie man im Einzelnen die Vorgänge sich zu denken habe, beschränke ich mich auf Folgendes:

Fig. 397. Schema der Leitung bei den willkürlichen Bewegungen. *A* Längsansicht, *B* Querschnitt. Die seitlichen Pyramidenbahnen *ps*, die in den Pyramiden sich kreuzen und die ventralen Pyramidenbahnen *po*, die im Mark selbst eine Kreuzung erleiden, wirken auf die motorischen Zellen durch Collateralen; *mw* motorische Wurzeln.

Ich nehme an, dass die motorischen Zellen, entsprechend den Metameren des Körpers, in Gruppen oder segmentalen Kernen angeordnet sind, von denen jeder zu bestimmten Muskeln in Beziehung steht. Zu jedem motorischen Kerne geht eine gewisse Anzahl von Pyramidenfasern, die in dem Kerne enden und auch in diesem Kerne ihre Collateralen abgeben, doch wäre nicht ausgeschlossen, dass diese Fasern auch zu zweien oder mehr Kernen Collateralen entsendeten. So würden die Pyramidenbahnen von oben nach unten allmählich sich erschöpfen und im letzten motorischen Kerne enden.

Die Schemata Fig. 397 erläutern diese Vorgänge und ist in denselben angenommen, dass die Pyramidenventralstrangbahnen in der ventralen Kommissur sich kreuzen, was nicht nur durch die Erscheinungen bei Lähmungen, die immer gekreuzte sind, sondern auch durch den Nachweis sich kreuzender Collateralen der Ventralstränge bewiesen wird. Für den Fall, dass ein und derselbe Muskel von mehreren Nervenkernen oder motorischen Wurzeln versorgt wird (siehe die Untersuchungen von *Starr* 1888), könnte man annehmen, dass die betreffenden Pyramidenfasern durch ihre Collateralen auf motorische Zellen mehrerer Kerne einwirken, doch würde auch eine gleichzeitige Einwirkung vom Gehirn aus auf mehrere oder viele Pyramidenfasern nicht als unmöglich zu erachten sein.

Welche Funktion den feinen Ausläufern zuzuschreiben sei, welche die Achsencylinderfortsätze der motorischen Zellen abgeben, ist zweifelhaft; doch liegen hier vielleicht noch sehr wichtige Beziehungen im Dunkeln. Am nächsten liegt die Annahme, dass diese direkt motorischen Collateralen auf benachbarte motorische Ursprungszellen einwirken und dieselben erregen. Wenn dem so wäre, so könnte schon die Erregung einer einzigen motorischen Zelle durch eine Faser der Pyramidenbahn oder, wie bei Reflexen, durch Eine sensible Faser eine Ausbreitung des Reizes auf eine grössere Zahl von motorischen Wurzelfasern bewirken. Wären dagegen diese motorischen Collateralen cellulipetal leitend, wie *v. Lenhossek* vermuthet (s. oben), so könnten dieselben bei Reflexen eine Rolle spielen, für welche jedoch viel bessere Einrichtungen vorhanden sind.

Ein Ursprung der Fasern motorischer Wurzeln von Zellen der entgegengesetzten Seite, wie sie z. B. *Edinger* annimmt (3. Aufl. S. 136), ist anatomisch nicht nachgewiesen.

2. Die bewussten Empfindungen.

Dieselben kommen unzweifelhaft durch dorsale Wurzelfasern zu Stande, welche in den Dorsalsträngen zur *Medulla oblongata* aufsteigen. Von einer Fortsetzung solcher Wurzelfasern zum Gehirn ist nichts bekannt, vielmehr spricht der Umstand, dass Degenerationen der Dorsalstränge bei Durchschneidung sensibler Wurzeln oder Zerstörung der dorsalen Hälfte des Markes an der *Medulla oblongata* sich begrenzen, für die allgemein gültige Annahme, dass die sensiblen Fasern hier enden.

Die Art und Weise, wie dies geschieht, war bis jetzt ganz unbekannt und habe ich zuerst im Jahre 1891 (Nr. VI) an *Golgi*'schen Präparaten nachgewiesen, dass die vom Rückenmarke abstammenden Längsfasern der *Fasciculi graciles* und *cuneati* in den Kernen derselben in der nämlichen Weise mit feinen die Zellen umgebenden Endbüscheln auslaufen, wie viele Strangfasern im Rückenmarke selbst (siehe weiter unten bei der *Medulla oblongata*). Von den

Kernen der genannten zwei Stränge aus entspringen die Schleifenfasern und diese übernehmen dann nach ihrer Kreuzung die sensible Leitung bis zur Hirnrinde, wie pathologische Erfahrungen und Experimente von *Flechsig* und *Monakow* vor allem lehren.

Wird die Frage aufgeworfen, wie viele Fasern der dorsalen Wurzeln an dem Zustandekommen der bewussten Empfindungen sich betheiligen, so sind in erster Linie die caudalwärts verlaufenden Theilungsäste dieser Wurzeln auszuschliessen, die selbstverständlich an den sensiblen Leitungen zur *Medulla oblongata* keinen Antheil nehmen und ihre Erregungen nur caudalwärts fortpflanzen. Diese Fasern können somit nur durch ihre Collateralen und Endverästelungen bei den Reflexerscheinungen und durch Einwirkung auf die Strangzellen bei den sensiblen Leitungen II. Ordnung sich betheiligen. Wie weit diese caudalen Aeste der sensiblen Wurzeln laufen, ist zweifelhaft, doch spricht alles dafür (s. oben S. 78), dass dieselben nicht weit reichen (siehe *Koelliker* No. V Fig. 1, 2, 3). Immerhin kann ich anführen, dass ich bei Schweinsembryonen von 9 cm Fasern von 8,26 mm Länge mass, die solchen von 6,6 cm Länge des erwachsenen Thieres gleich kommen.

Von den cerebralwärts verlaufenden Aesten der sensiblen Wurzeln nehme ich an, dass ein bedeutender Theil derselben lange Bahnen darstellt und in den Dorsalsträngen geraden Weges zur *Medulla oblongata* verläuft. Diese Fasern zeigen in den Dorsalsträngen eine ganz bestimmte Anordnung in der Art, dass diejenigen der Sakral- und Lendennerven in den medialen und ventralen Theilen derselben ihre Lage haben, die der Brust- und Halsnerven je länger um so mehr in den oberflächlichen und lateralen Abschnitten, somit in den sogenannten *Burdach*'schen Strängen gelagert sind, welche Vertheilung darin begründet ist, dass die distalen Wurzeln von den nachfolgenden immer mehr von ihrer Eintrittsstelle an gegen die Medianebene und die ventrale Seite des Dorsalstranges gedrängt werden.

Ausser diesen direkt an dem Zustandekommen der bewussten Empfindungen betheiligten langen Bahnen enthalten die Dorsalstränge sicher noch andere Faserarten, deren genaue Bestimmung sehr schwer fällt. Schon oben (S. 68) wurde angegeben, dass die Dorsalstränge dicht an die graue Kommissur angrenzend ein kleines Feld enthalten, dem eine besondere Bedeutung zukomme. *Redlich* vermuthet (Arbeiten aus dem Institut von *Obersteiner* 1892 S. 10), gestützt auf Experimente von *Singer* und *Münzer*, dass an der Bildung dieses Antheiles der Dorsalstränge aus der grauen Substanz abstammende Fasern theilnehmen, was in unsere jetzige Sprache übersetzt nur heissen könnte, dass dieser Theil der Dorsalstränge von Strangzellen der grauen Substanz abstammt. Solche Zellen sind nun aber nach den jetzigen Erfahrungen äusserst selten (s. S. 94) und wird vorläufig kaum anzunehmen sein, dass die fragliche Zone allein aus solchen Elementen sich aufbaut. Immerhin ist zuzugeben, dass die Thatsache, dass selbst bei hochgradiger Tabes, wenn alle dorsalen Wurzelfasern entartet sind, das genannte Feld intakt bleibt, für die Vermuthung von *Redlich* spricht.

Sehr verbreitet ist ferner die Annahme, dass die lateralen Theile der Dorsalstränge auch kurze Bahnen enthalten und neue Untersuchungen von *Flechsig* führen zur Vermuthung, dass die Dorsalstränge noch verwickeltere

Verhältnisse darbieten (Neurol. Centrbl. 1890). Derselbe fand nämlich, dass die Entwicklung der dorsalen Wurzeln in vier verschiedenen Zeiten oder Schüben erfolgt, so dass möglicherweise vier verschiedene Systeme in den Dorsalsträngen anzunehmen wären. Diese Zonen von *Flechsig* sind eine ventrale, eine mittlere und eine dorsale und ausserdem noch eine mediane, an das sogenannte *Septum dorsale* angrenzende. Ich schliesse mich in Bezug auf den Werth dieser neuen Gruppirung der Kritik von *Redlich* (l. c. S. 11) an und bemerke ausserdem, dass man in der Deutung des Auftretens des Markweisses nicht vorsichtig genug sein kann. Eine genaue Prüfung dieser Verhältnisse ergiebt nämlich, dass grobe Fasern früher auftreten und früher einen Markmantel entwickeln als feine. So zeigte mir ein menschlicher Embryo von 7 Monaten (Fig. 379) in der Halsgegend die *Burdach*'schen Stränge und das kleine ventrale Feld an der grauen Kommissur ganz weiss, die *Goll*'schen Stränge heller aus feineren Fasern gebildet und die Randzone noch ganz marklos, Thatsachen, aus denen nicht ohne Weiteres der Schluss abzuleiten ist, dass der Dorsalstrang aus drei verschiedenen Systemen besteht.

Mit Bezug auf die Frage wie die verschiedenen sensiblen Leitungen zu einander sich verhalten, ist nicht viel bekannt. Doch scheinen alle pathologischen Erfahrungen und Experimente dafür zu sprechen, dass das Muskelgefühl durch die Dorsalstränge der gleichen Seite vermittelt wird, die Hautsensibilität dagegen durch die graue Substanz und die Ventralseitenstränge, wobei zugleich eine Kreuzung stattfände. Diese gekreuzte sensible Leitung käme so zu Stande. Sensible Collateralen oder Enden sensibler Strangfasern würden in der grauen Substanz auf Strangzellen einwirken und diese ihre nervösen Fortsätze durch die weisse Kommissur auf die entgegengesetzte Seite senden, wo dieselben zu Strangfasern der ventralen und Seitenstränge würden (s. Fig. 398).

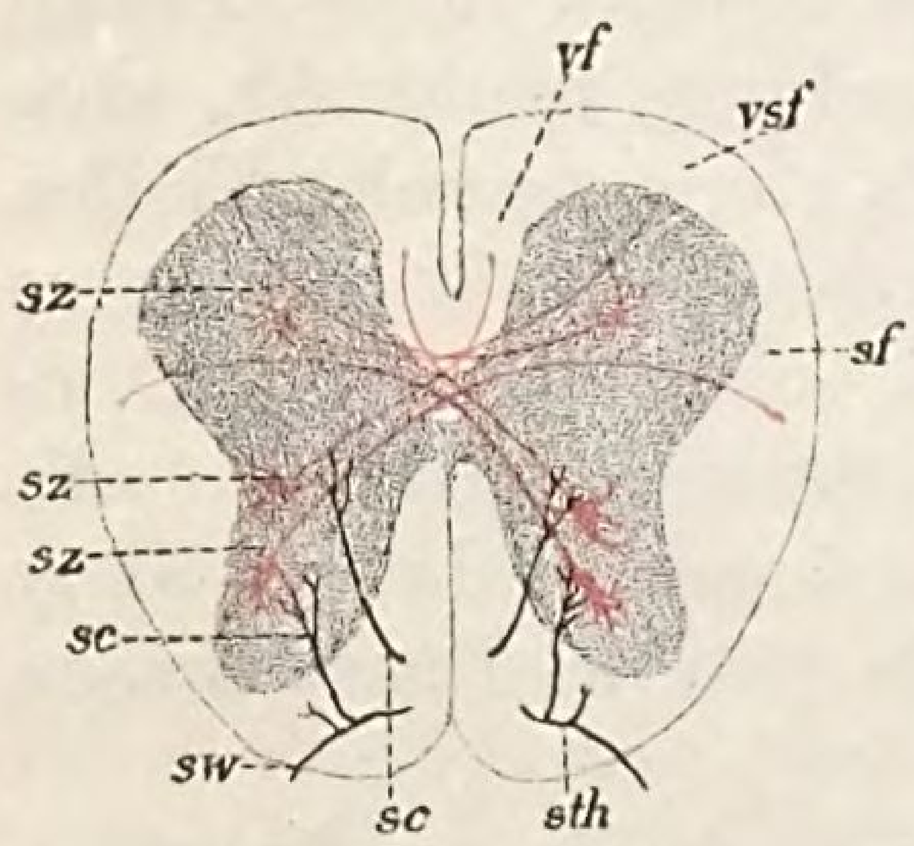


Fig. 398.

Auf eine Menge anderer Fragen, die hier noch sich erheben, lässt sich vorläufig keine Antwort geben und beschränke ich mich darauf, dieselben zu stellen, um Pathologen, Experimentatoren und Anatomen auf dieselben aufmerksam zu machen. Es sind folgende: 1. Wie verhält sich die sensible Leitung II. Ordnung, die die Strangzellen und Strangfasern der nicht gekreuzten Seite vermitteln, gegenüber der gekreuzten Leitung und der direkten Leitung durch die Dorsalstränge? 2. In welchen Bahnen verlaufen die centripetalen Erregungen, die der Sympathicus vermittelt? 3. Welcher Art ist die sensible Leitung II. Ordnung, der die Kleinhirnseitenstrangbahn dient? und 4. Ist die sensible Leitung II. Ordnung, welcher die Schleifenfasern vorstehen, eine besondere oder stimmt dieselbe mit einer der andern sensiblen Leitungen II. Ordnung im Marke überein?

Fig. 398. Schema der Kreuzungen von Strangfasern in der ventralen Kommissur und der auf die Strangzellen *sz* einwirkenden sensiblen Fasern. *sw* Sensible Wurzelfaser, *sth* Theilung derselben, *sc* sensible Collateralen, *sf* Seitenstrangfaser, *vf* Ventralstrangfaser, *vsf* Ventralseitenstrangfaser.

Bei der Erkrankung, die vor allem die sensiblen Wurzeln und die Dorsalstränge mit Inbegriff der Randzone trifft, der Tabes, sind, wie *Leyden* zuerst nachgewiesen und in neuester Zeit besonders *Redlich* im Einzelnen verfolgt hat (l. c. S. 36 ff.). auch viele Theile der grauen Substanz betroffen. So findet sich ein deutlicher Nervenfaserschwund in der *Substantia gelatinosa* und *spongiosa* und in den *Clarke*'schen Säulen und verschwinden namentlich alle Fasern der Dorsalhörner, die wir als sensible Collateralen beschrieben haben. Dagegen bleiben die Zellen der Dorsalhörner, auch diejenigen der *Clarke*'schen Säulen unverändert, ebenso die von denselben entspringenden Strangfasern (so erklärt sich, dass in den *Clarke*'schen Säulen bei Tabes gröbere Nervenfasern erhalten bleiben [*Redlich*]). Auch die Ventralhörner erleiden nach gewissen Angaben ein etwelches Schwinden von Fasern, was sich leicht erklärt, wenn man weiss, dass zahlreiche sensible Collateralen in dieselben eindringen.

3. Reflexe (Fig. 399, 400).

Die einfachsten Reflexerscheinungen, bei denen sensible Fasern motorische Zellen desselben Rückenmarkssegmentes in Thätigkeit versetzen (sogenannte kurze Reflexbögen), erklären sich, indem wir annehmen, dass die sensiblen Collateralen die in denselben Ebenen befindlichen motorischen Zellen, die sie mit ihren Enden umspinnen, durch Kontakt erregen. Diese Annahme würde die weitere Voraussetzung nach sich ziehen, dass eine und dieselbe motorische Nervenzelle von verschiedenen Nervenfaserenden umgeben wird und erregt werden kann und zwar nach dem bis jetzt Dargelegten einmal von Endigungen der Pyramidenfasern und zweitens von solchen der sensiblen Collateralen, eine Hypothese, die nach den oben dargelegten Thatsachen voll berechtigt erscheint.

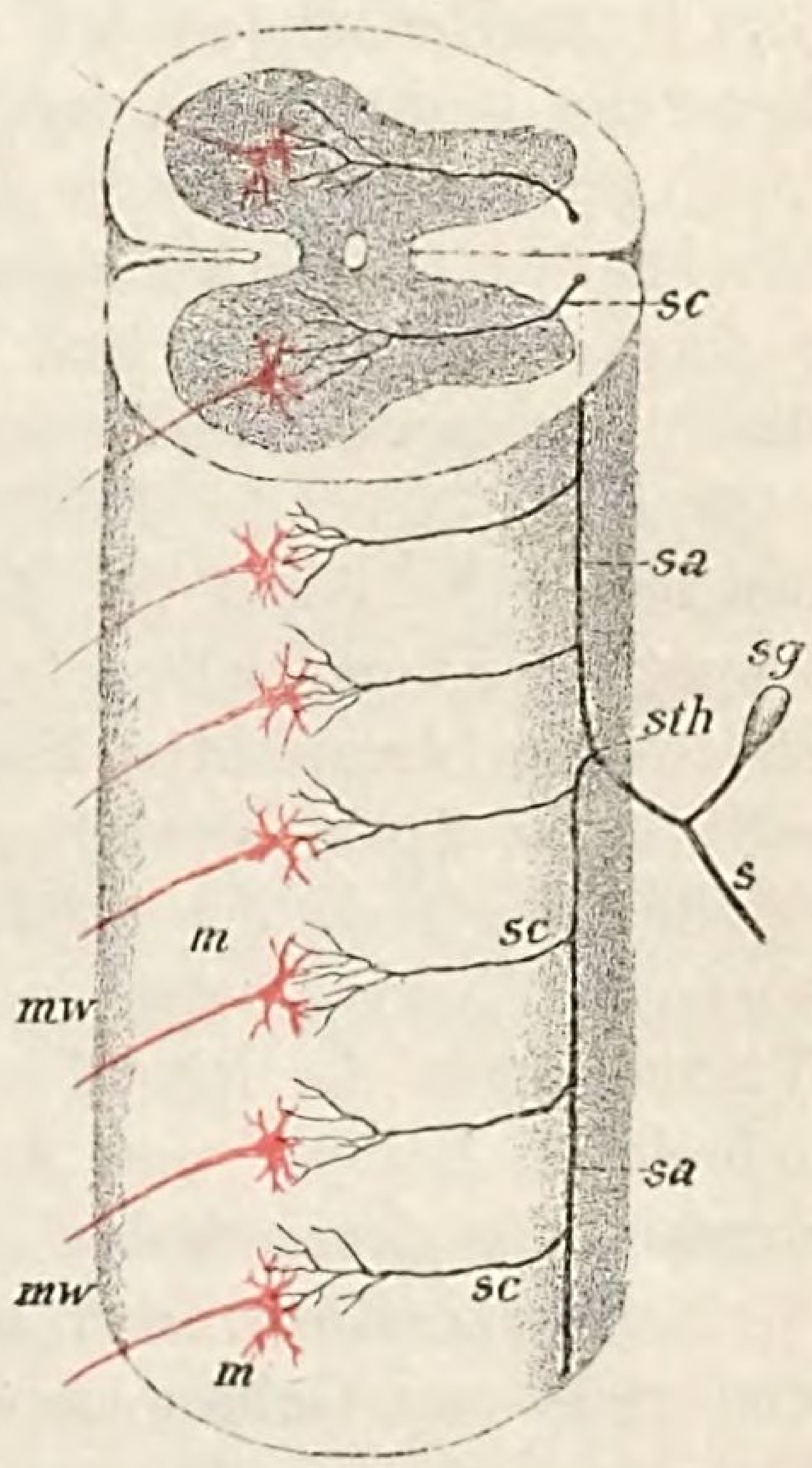


Fig. 399.

Zur Erklärung der Thatsache, dass bei kurzen Reflexbögen auch die entgegengesetzte Seite in Anspruch genommen wird, lässt sich die Kreuzung der Achsencylinderfortsätze vieler Zellen (der von mir sogenannten Strangzellen) aller Theile der grauen Substanz in der ventralen Kommissur verwerthen. Man hätte in diesem Falle anzunehmen, 1. dass diese Zellen durch Enden sensibler Collateralen ihrer Seiten erregt werden und 2. dass die Collateralen, die die nervösen Fortsätze dieser Zellen auf der entgegengesetzten Seite des Markes theils direkt, theils nach ihrem Uebergang in longitudinale Fasern der ventralen und ventro-lateralen Stränge in die graue Substanz des Ventralhornes abgeben, auf die hier liegenden motorischen Zellen einwirken.

Einfacher wäre die Erklärung der gekreuzten Wirkung bei Reflexen, wenn sich nachweisen liesse, dass sensible Collateralen durch die ventrale oder dorsale

Fig. 399. Schema der bei den Reflexen betheiligten Elemente, Längsansicht. Eine sensible mit einer Zelle des *Ganglion spinale* *sg* verbundene Wurzelfaser *s* giebt von ihren beiden Theilungsästen *sth*, dem aufsteigenden *sa* und dem absteigenden *sa'* Collateralen *sc* ab, die auf motorische Zellen *m* wirken, *mw* motorische Wurzeln.

Kommissur oder durch beide zu den motorischen Zellen der andern Seite gelangen. Es ist mir jedoch, wie ich oben schon darlegte, bei der ventralen Kommissur, bei der noch am ehesten gewisse Bilder für solche Kreuzungen sprechen, der Nachweis einer grösseren Zahl solcher sich kreuzender sensibler Collateralen nicht gelungen und musste ich es selbst unentschieden lassen, ob auch nur eine geringe Zahl derselben auf die andere Seite tritt, und bei der dorsalen Kommissur ist es noch seltener, dass einzelne Fasern nach dem Uebertreten auf die andere Seite die Richtung nach der Ventralseite einschlagen.

Eine wichtige Erscheinung, die bei den Reflexen zu Tage tritt, ist die Wirkung, die das grosse Gehirn auf das Zustandekommen derselben hat, indem durch dasselbe Reflexe entweder abgeschwächt oder ganz gehemmt oder unterdrückt werden können. Aehnlich wirkt das Gehirn auf automatische Bewegungen und, wie wir unten sehen werden, erregend oder hemmend auf unwillkürliche Muskulatur. Von meinem Standpunkte aus würde ich eine Erklärung aller dieser Vorgänge durch die Annahme versuchen, dass die centripetal wirkenden Pyramidenbahnen bei allen motorischen Zellen das Uebergewicht vor der Erregung besitzen, die durch sensible Bahnen in denselben hervorgerufen wird.

Schwieriger als die Erklärung kurzer Reflexbögen ist diejenige ausgebreiteter Reflexe oder der sogenannten langen Reflexbögen, von meinem Standpunkte aus. Wenn man alle Protoplasmaausläufer der Zellen durch das ganze Rückenmark zusammenhängen lässt oder mit *Golgi* ein weitverbreitetes Netz der Endigungen sensibler Fasern und ihrer Collateralen und der feinen Ausläufer der Achsencylinderfortsätze der Zellen I. und II. Art annimmt, so ist es nicht schwer zu erklären, wie z. B. die Reizung Einer Zehenspitze beim decapitirten Frosche ausgebreitete Bewegungen aller vier Glieder, ja selbst eine Sprungbewegung zu veranlassen im Stande ist. Bei meiner Auffassung dagegen, der zufolge die Nervenzellen immer nur durch ganz wenige bestimmte Nervenfasern in Erregung versetzt werden und keine unmittelbaren Verbindungen der leitenden Elemente vorkommen, kann die Erklärung der ausgebreiteten Reflexe nur durch die sogenannten kurzen Bahnen gegeben werden, von denen bisher anatomisch Sicheres nur äusserst wenig bekannt war.

Kurze Bahnen d. h. solche, die nicht das ganze Rückenmark durchlaufen und nicht zum Gehirn emporsteigen, werden bekanntlich einmal auf Grund der Degenerationserscheinungen nach Durchschneidungen angenommen in den Ventralstranggrundbündeln, in den Seitenstrangresten und in den Dorsalstranggrundbündeln. Als zweite beweisende Thatsache galt bisher der verschiedene Durchmesser gewisser Stränge des Rückenmarkes in verschiedenen Höhen, doch war es vorläufig nicht möglich, denselben genau zu ermitteln und namentlich den Einfluss der durchtretenden, bald stärkeren bald schwächeren Wurzeln zu bestimmen. Nunmehr haben aber, so scheint es, neue Untersuchungen *Gaule*'s über diese Verhältnisse Licht verbreitet. *Gaule* (Zahl und Vertheilung der markhaltigen Fasern im Froschrückenmark in den Sächs. Ber. XV Nr. IX 1889) bestimmte an fünf Querschnitten verschiedener Gegenden des Markes des Frosches die Zahl der longitudinal verlaufenden Nervenfasern. Vergleicht man nun dieselbe mit den durch *Birge* bekannten Zahlen der motorischen (9404) und sensiblen (10 702) Wurzelfasern und berechnet man annähernd die Zahl der Fasern der langen Bahnen, d. i. der Pyramidenbahn, der Bahn der sensiblen

Fasern, der Kleinhirnseitenstrangbahn und des anterolateralen Stranges, so ergiebt sich, dass über dem I. Halsnerven, wo *Gaule* im Ganzen 56674 Fasern fand, ein grosses Mehr von Strangfasern sich herausstellt, selbst wenn man auf jede motorische Wurzelfaser Eine Strangfaser der Pyramidenbahn rechnet und alle sensiblen Wurzelfasern als zum Gehirn aufsteigende ansieht. Ja selbst wenn man den Umständen, die *Gaule* nicht bekannt waren, Rechnung trägt, 1. dass auch beim Frosche die sensiblen Wurzelfasern in einen aufsteigenden und einen absteigenden Schenkel sich spalten (*O. Schultze* in Würzb. Sitzungsber. 1890) und 2. dass die Collateralen der sensiblen und der übrigen Strangfasern nicht selten in der grauen Substanz longitudinal verlaufen, so bleibt doch ein grosser Faserüberschuss, der nur auf Rechnung kurzer Bahnen gesetzt werden kann. Ferner hat *Gaule* gefunden, dass die Zahl der longitudinalen Fasern am grössten in der Halsanschwellung ist, nämlich am 2. Halsnerven 74699; von da an sinkt dieselbe aufwärts und beträgt über dem 1. Halsnerven nur 56674. Am 4. Nerven fand *Gaule* 41825 Fasern, über dem 6. wieder 61058 und unter dem 9. nur noch 16313 Markfasern. Aus allen diesen Zahlen folgt unwiderleglich nicht nur, dass im Marke lange nicht alle Fasern zum Gehirn emporsteigen, sondern auch, dass die kurzen Bahnen in verschiedenen Gegenden in verschiedener Zahl vorhanden sind.

Mit den von *Birge* und *Gaule* gefundenen Zahlen stehen übrigens die alten Berechnungen von *Stilling* in einem grossen Widerspruche. *Stilling* fand beim Menschen in allen ventralen Wurzeln 303265 Fasern, in den sensiblen 504473, im Halsmark 401694 Fasern und ergeben diese Zahlen, dass das Mark des Menschen relativ, im Vergleiche zu den Wurzeln, viel weniger weisse Substanz enthält, als dasjenige des Frosches. Nehmen wir nun ferner an, dass die motorischen Fasern alle im Marke entspringen, so bleiben nur 401,694 Fasern zur Deckung der langen Bahnen und zwar a) der Pyramidenbahnen, b) der zum Gehirn aufsteigenden sensiblen Elemente, c) der Kleinhirnseitenstrangbahnen, d) der antero-lateralen Bahn, und ist wohl ohne weiteres klar, dass der Nachweis, dass auch beim Menschen im Halsmark eine grössere Zahl kurzer Bahnen sich findet, vorläufig nicht zu geben ist.

In Betreff der Art und Weise wie man sich die Anordnung der kurzen Bahnen zu denken habe, hat bereits *Ramón y Cajal* ein Schema aufgestellt (IV Fig. 7, 1), mit dem ich z. Th. einverstanden bin. Im Allgemeinen denke ich mir, dass die kurzen Bahnen im Marke dazu dienen, um Erregungen einzelner sensibler Bahnen eine grössere Ausbreitung zu verleihen, wie bei den zusammengesetzten Reflexbewegungen. Als Ausgangspunkt hätte man sich daher eine sensible Strangfaser mit ihren Collateralen zu denken (Fig. 400). Ferner hätte man anzunehmen, dass dieselbe mit ihren vielen Enden auf jene Zellen einwirkt, die wir Zellen der Stränge genannt haben, die ihren Achsencylinderfortsatz in den Ventralstrang oder den Seitenstrang derselben oder der entgegengesetzten Seite senden und in aufsteigende oder auf- und absteigende Fasern dieser Stränge übergehen. Diese Fasern nun hätten durch ihre unmittelbaren Enden und durch ihre Collateralen auf näher oder entfernter liegende motorische Zellen einzuwirken und Bewegungen auszulösen. Solche longitudinale Reflexbahnen könnten kürzer oder länger vorkommen, so dass sie einmal Gegenden verknüpfen, die nur um 2, 3 oder 4 Nerven auseinander liegen, andere Male aber entferntere Regionen, wie z. B. die Hals- und Lendenanschwellung. Möglicher-

weise könnten auch Bahnen, die wir als lange zu betrachten gewohnt sind, wie die Kleinhirnseitenstrangbahn, das antero-laterale Bündel an solchen Vorgängen sich betheiligen, wenn die Annahme gemacht werden dürfte, dass ihre Fasern in der ganzen Länge ihres Verlaufes Collateralen an die motorischen Zellen abgeben, eine Annahme, mit welcher die Beobachtungen ganz gut übereinstimmen. Sollten endlich die longitudinalen sensiblen Wurzelfasern selbst, wie es allen Anschein hat, in ihrer ganzen Länge Collateralen abgeben, so würde die Ausbreitung der Reflexe, die Einwirkung näherer oder entfernterer Theile des Markes aufeinander am einfachsten durch dieselben sich erklären und könnte man von den eingeschaltenen Nervenzellen absehen.

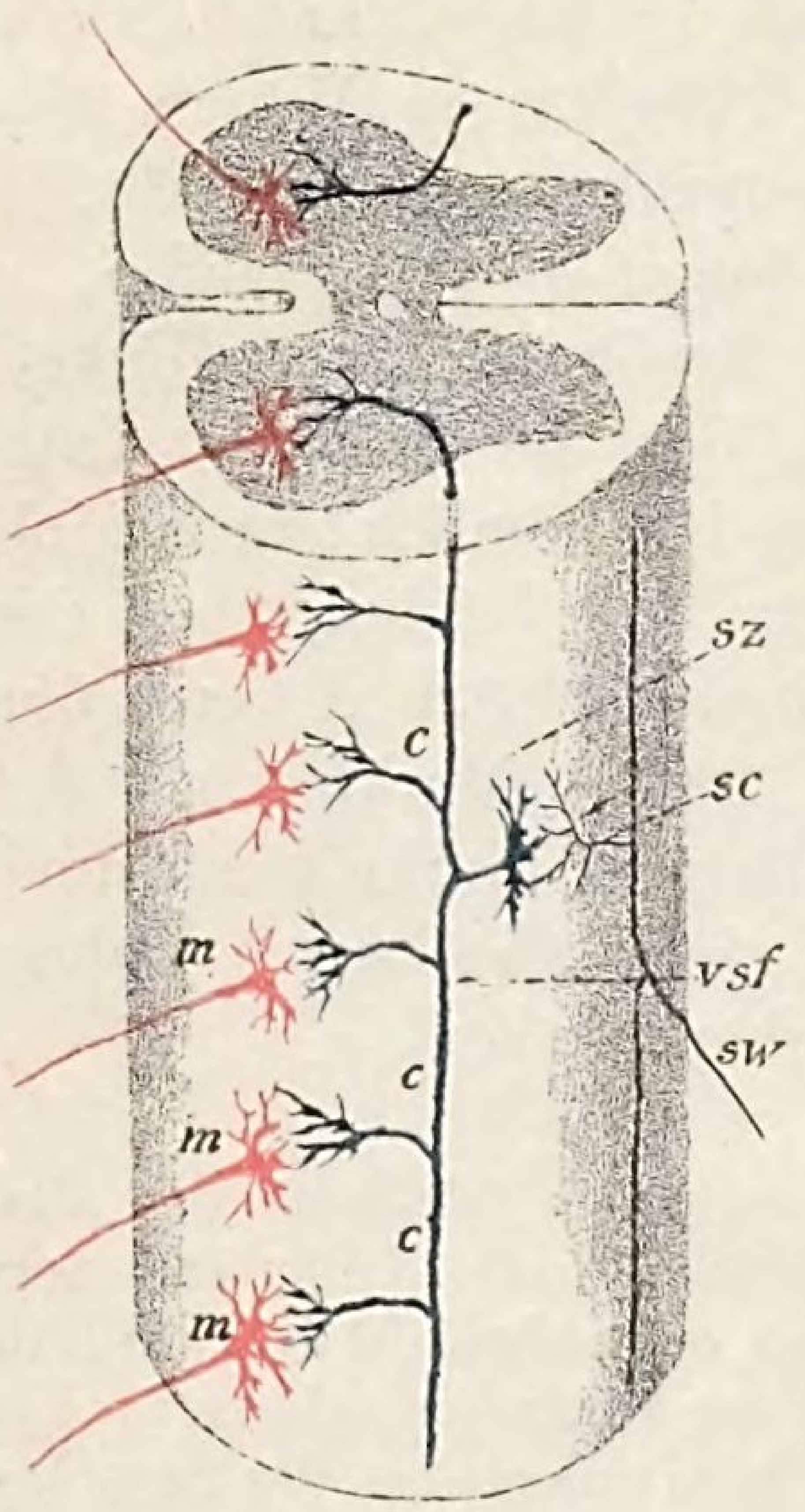


Fig. 400.

Zum Schlusse möchte ich nun noch auf die Schwierigkeiten aufmerksam machen, die sich ergeben, wenn es sich darum handelt zu bestimmen, welche Funktionen den verschiedenen sensiblen Leitungen I. und II. Ordnung beim Zustandekommen der Reflexe zukommen. Nach unseren bisherigen Erfahrungen scheinen mit den motorischen Zellen in Verbindung zu treten: 1. Collateralen der sensiblen Wurzelfasern und diese selbst. 2. Collateralen von Strangfasern der ventralen und der ventro-lateralen Stränge und Enden dieser Fasern. 3. Collateralen der Kleinhirnseitenstrangbahn und der übrigen Bestandtheile der Seitenstränge mit Ausnahme der Pyramidenbahnen, endlich 4. Collateralen vieler Strangzellen. Wenn die Fasern der 1. Kategorie das Muskelgefühl vermitteln, wie man annimmt, wie kommt es dann, dass gewisse von ihnen beeinflusste Strangzellen der Hautsensibilität dienen sollen, andere dagegen nicht? Je länger ich diese Fragen überlege, um so mehr komme ich zur Ueberzeugung, dass die Funktionen der sensiblen Wurzelfasern in höherem oder geringerem Grade verschieden sind, je nachdem dieselben von verschiedenen Organen (Muskeln, Haut, Schleimhäute, Gelenke, Knochen, Drüsen) stammen, und dass in den dorsalen Strängen die verschiedenen Faserkategorien gesondert verlaufen.

4. Beziehungen der sensiblen Bahnen des Markes zum Gehirn.

a) Verbindungen mit dem Cerebellum. Da die Fasern der Kleinhirnseitenstrangbahn unzweifelhaft von Zellen der grauen Substanz entspringen und centripetal leiten, so sind nur Beziehungen derselben zu den sensiblen Wurzelfasern denkbar. Wie oben (§ 125) bereits nachgewiesen wurde, haben

Fig. 400. Schema der kurzen Bahnen. Eine sich theilende sensible Wurzelfaser *sw* giebt eine Collaterale *sc* ab, die auf eine Strangzelle *sz* einwirkt und durch die Collateralen der gabelig getheilten nervösen Fortsätze derselben *c* eine Reihe motorischer Zellen *m* erregt.

diese Fasern ihren Ursprung in den *Clarke*'schen Säulen, zu deren Zellen auf der andern Seite viele Collateralen der sensiblen Wurzeln führen und käme demnach die Leitung zum kleinen Hirn durch zwei Glieder zu Stande: 1. durch sensible Collateralen und 2. durch die Zellen der *Clarke*'schen Säulen, ihre nervösen Fortsätze und die aus ihnen entstehenden Fasern der Kleinhirnseitenstrangbahn. Da die letzteren auch Collateralen in die graue Substanz abgeben, so könnte das ganze System auch bei den Reflexen als kürzere oder längere Bahn wirken, wie wir oben gesehen.

Zu betonen ist übrigens noch, dass es keineswegs als bewiesen angesehen werden kann, dass nur Fasern der *Clarke*'schen Säulen die Kleinhirnseitenstrangbahn bilden und muss vorläufig die Frage offen bleiben, ob nicht auch andere Zellen der Dorsalhörner an der Bildung derselben sich betheiligen, wie ich in der That gefunden zu haben glaube und wofür auch Beobachtungen von *Golgi* sprechen. Auch bin ich weit entfernt zu behaupten, dass die *Clarke*'schen Säulen nur Zellen enthalten, die zu den Kleinhirnseitenstrangbahnen in Beziehung stehen.

Die Fasern der Kleinhirnseitenstrangbahn gehen durch den *Pedunculus cerebelli* in das kleine Gehirn ein und enden, wie wir später sehen werden, grösstentheils im Wurme. Dieselben führen dem Cerebellum Erregungen zu, die, wenn sie auch mit den bewussten Empfindungen nichts zu thun haben, doch von der grössten Bedeutung sind, indem dieselben die Koordination der Bewegungen bedingen. Bei Verletzungen der *Clarke*'schen Säulen tritt eine aufsteigende Entartung der lateralen Kleinhirnbahn auf und Ataxie oder das Unvermögen, die Thätigkeiten der willkürlichen Muskeln zweckmässig zu kombiniren.

Wie diese Einflüsse des kleinen Hirns auf die motorischen Bahnen sich geltend machen, ist noch nicht hinreichend klar gestellt. *Leube* (Spezielle Diagnose II S. 108) vermuthet wohl mit Recht, dass vom Cerebellum aus regulirende Einflüsse auf die motorischen Sphären der Rinde des grossen Gehirns sich geltend machen, was ich auch für wahrscheinlich halte, da direkte Einwirkungen des Cerebellum auf die motorische Sphäre des Markes kaum angenommen werden können.

b) Verbindungen sensibler Markbahnen mit der *Medulla oblongata*. Wie wir schon früher sahen, geht ein Theil der sensiblen Wurzelfasern auf derselben Seite direkt zur *Medulla oblongata* und endet in der grauen Substanz der zarten und Keilstränge, von denen aus dann die sich kreuzenden Bahnen der Schleife weiter zum Gehirn emporsteigen. Von anderen sensiblen Wurzelfasern haben vor einiger Zeit *Bechterew*, *Edinger* und *Auerbach* eine Kreuzung d. h. ein Eindringen in den Ventralstrang und den ventro-lateralen Strang der andern Seite angenommen, welche Auffassung dann *Edinger* später auf die neuesten Untersuchungen über den feineren Bau des Markes und auf eigene vergleichend-anatomische Untersuchungen fussend und in Verwerthung von Experimenten und pathologisch-anatomische Thatsachen so abänderte (Einiges vom Verlaufe der Gefühlsbahnen im centralen Nervensystem in Deutsch. med. Wochenschrift 1890 Nr. 20), wie dies bereits oben auseinander gesetzt wurde.

Edinger nimmt nun an, dass diese gekreuzten Bahnen, die ich „indirekt sensible" oder sensible II. Ordnung nenne, ebenso wie die sensiblen Bahnen I. Ordnung, die erst in der Schleife sich kreuzen, in die Schleife sich fortsetzen, so dass demnach alle sensiblen Bahnen der Spinalnerven, mit Ausnahme der Kleinhirnseitenstrangbahn, schliesslich gekreuzt dem Mittelhirn zustreben würden. (Ich bemerke hier, dass *Edinger* wohl mit Recht auch bei den sensiblen Hirnnerven solche gekreuzte Bahnen annimmt.) Ich finde jedoch, dass die vorliegenden Thatsachen für einmal einen solchen Schluss nicht erlauben und dass gerade die von *Edinger* angeführten Versuche *Auerbach's*, der nach Zerstörung der Dorsalstränge, der Dorsalhörner und der dorsalen Theile des Seitenstranges eine nach oben immer mehr abnehmende Degeneration der Fasern der ventro-lateralen Stränge der andern Seite fand, dafür sprechen, dass die sensible gekreuzte Bahn II. Ordnung viele kurze Bahnen enthält. Mit dieser Annahme bin ich jedoch nicht gemeint zu leugnen, dass in den genannten Strängen nicht auch lange sensible Bahnen II. Ordnung sich finden. Eine andere Frage ist es, ob auch diese in die Schleife übergehen, wie die direkt sensiblen Bahnen, die bei der *Medulla oblongata* erörtert werden soll.

5. Beziehungen des Markes zu den unwillkürlichen Bewegungen.

Es erübrigt noch das schwierige Gebiet dieser Bewegungen zu betreten und die Frage aufzuwerfen, welche Elemente des Rückenmarks zu denselben in Beziehung stehen.

Die Bewegungserscheinungen, um die es sich hier handelt, sind wesentlich folgende:

a) Der Tonus oder die andauernden Zusammenziehungen, die namentlich bei den Gefässmuskeln aber auch bei andern glatten Muskeln, wie z. B. den Sphincteren der Blase und des Mastdarmes, vorkommen.

b) Die Zusammenziehungen unwillkürlicher Muskeln, welche z. Th. reflektorisch, nach vorheriger Reizung sensibler Fasern, z. Th. durch Einflüsse vom Gehirn aus eintreten (Gefässverengung, Beschleunigung der Herzaktion, Peristaltik, Harnentleerung, Defäkation, Uteruskontraktion u. s. w.).

c) Der Nachlass solcher Muskeln in der Zusammenziehung oder die gänzliche Erschlaffung derselben, die durch den Einfluss gewisser Nerven, sogenannter Hemmungsnerven eintritt (Erweiterung von Gefässen, Stillstand des Herzens im Diastole, Vermehrung von Sekretionen, Stillstand der Athembewegungen, der Peristaltik, Nachlass der Sphinctern, die Erektion).

d) Autochthone Bewegungen, wie sie bei den Athembewegungen sich finden.

Die Nervenfasern, die bei diesen Vorgängen betheiligt sind, verlaufen in den Spinalnerven, aus welchen sie zum Theil in den *Sympathicus* übertreten, z. Th. in gewissen Hirnnerven, wie im Vagus. Von den Spinalnerven enthalten nach den Untersuchungen von *Gaskell* beim Hunde der 2. *N. thoracius* bis und mit dem 2. *N. lumbaris* und dann wieder der 2. und 3. *Sacralis* solche Fasern und ergeben sich dieselben als Bündel feiner markhaltiger Elemente der ventralen Wurzeln, die in den andern ventralen Wurzeln fehlen.

Geht man dem Ursprunge dieser feinen Fasern, die auch beim Menschen nachgewiesen sind, im Marke nach, so gelangt man, wie oben schon gezeigt wurde, zur Ueberzeugung, dass dieselben wesentlich von den kleineren Zellen abstammen, die auch in den Ventralhörnern, besonders in der medialen ventralen Zone derselben und in der Grenzgegend gegen das dorsale Horn in bedeutender Menge vorhanden sind. Ob auch Zellen der Dorsalhörner vor allem der *Clarke*'schen Säulen, wie *Gaskell* annimmt, an der Bildung dieser feinen Elemente der ventralen Wurzeln sich betheiligen, ist vorläufig nicht mit Bestimmtheit zu sagen, immerhin muss betont werden, dass weder *Golgi*, noch *Ramón y Cajal* und *ich* selbst und *v. Lenhossek* bis anhin solche zu beobachten im Stande waren. Dagegen glaube ich ganz bestimmt dafür mich aussprechen zu dürfen, dass keine unwillkürliche Bewegungen vermittelnden Fasern durch die dorsalen Wurzeln aus dem Rückenmark austreten, wie dies für die im Ischiadicus der Säuger vorhandenen vaso-dilatirenden Fasern behauptet worden ist (s. *Hermann*, Handb. d. Phys. IV), da wie wir oben sahen, die unmittelbare Beobachtung lehrt, dass beim Menschen und bei den Säugern die dorsalen Wurzeln keine Elemente enthalten, die im Marke entspringen. Anders verhält sich, siehe oben (§ 125), die Sache bei den niederen Wirbelthieren *(Kutschin, Freud, Klaussner)* und beim Hühnchen *(v. Lenhossek, Ramón)*.

Dem Gesagten zufolge würden somit gewisse motorische Zellen der ventralen Hörner die glatte unwillkürliche Muskulatur beeinflussen und frägt sich nun weiter, ob diese Zellen durch das ganze Rückenmark hindurch dieselbe Verrichtung haben, wie die motorischen Zellen der willkürlichen Muskeln, abgesehen von den Verschiedenheiten, die die Organe bedingen, zu denen die betreffenden Fasern gehen, oder ob hier gewisse wesentliche Unterschiede sich finden. Vor allem wird es sich darum handeln zu bestimmen, ob besondere Zellen und Fasern da sind, die Kontraktionen bedingen und andere, die dieselben hemmen oder Erschlaffungen bewirken und da möchte ich glauben, dass in Anbetracht dessen, was über die Herznerven bekannt ist (man vergleiche besonders die Arbeiten von *Gaskell*) nicht wohl bezweifelt werden kann, dass dem wirklich so ist.

Diese unwillkürlichen motorischen Zellen nun werden im Rückenmarke, ebenso wie die andern, auf reflektorischem Wege durch sensible Wurzelfasern und ihre Enden erregt werden können und die Erregung so oder so beantworten. Und da die unwillkürliche Muskulatur auch vom Gehirn aus nach beiden Seiten hemmend und erregend beeinflusst werden kann (Einfluss auf das Herz, die Gefässe, die Schweissfunktion, die Blase, die Geschlechtsorgane u. s. w.), wird ferner anzunehmen sein, dass die unwillkürlich motorischen Zellen auch durch lange, das ganze Mark durchlaufende Bahnen in Thätigkeit versetzt werden können. Solche Bahnen könnten als bis jetzt noch unbekannte centrifugal wirkende in den Ventralsträngen oder den ventro-lateralen Strängen liegen. Doch wäre es denkbar, dass auch die Pyramidenbahnen in gewissen Fällen eine Rolle spielen, wie vor allem bei den Athembewegungen, die theils willkürlich, theils autochthon auftreten. — Centrifugal degenerirende Bahnen hat übrigens *Marchi* sowohl in der lateralen Kleinhirnbahn als auch in den Ventralstranggrundbündeln gefunden und glaubt dieselben auf Fasern beziehen zu müssen,

die im Cerebellum entspringen, mit welchem Recht werden weitere Untersuchungen ergeben (s. auch *v. Lenhossek* Nr. VII S. 138, 139).

6. Bedeutung der Dendriten für die Funktionen des Markes.

Ich stelle diese Erörterung in die letzte Reihe, weil zur Durchführung derselben eine Kenntniss aller Leistungen des Rückenmarkes nöthig ist. Auch würde ich überhaupt nach dem im vorigen § über die Dendriten Auseinandergesetzten nicht mehr auf diese Frage eingehen, wenn nicht *Ramón* in seiner letzten Arbeit (Nr. VIII auf S. 62, 63) mit grosser Bestimmtheit wiederum erklärt hätte, dass alle Dendriten nervöse Funktionen haben, in welcher Beziehung auch *v. Gehuchten* und *v. Lenhossek* ihm zuzustimmen scheinen.

Ramón nimmt an, dass alle Dendriten cellulipetal leiten, die Achsencylinderfortsätze dagegen cellulifugal. Da nun aber dieser Annahme alle bipolaren Zellen der Spinalganglien, des Acusticus u. s. w. widersprechen, deren periphere Nervenfaser cellulipetal leitet, so wird von *Ramón* und ebenso von *v. Gehuchten* angenommen, dass dieser Theil der sensiblen Fasern ein Protoplasmafortsatz sei und nur der zum Centrum sich begebende Abschnitt ein echter Achsencylinderfortsatz. Und bei den unipolaren Spinalganglienzellen der höheren Wirbelthiere wird dasselbe behauptet und zugleich die Hypothese aufgestellt, dass der einfache Ausläufer der unipolaren Zellen genetisch und morphologisch ein Theil der Zelle sei und keine Nervenfaser!

Gegenüber diesen Aufstellungen, die, wenn sie richtig wären, allerdings die nervöse Natur und das Leitungsvermögen gewisser Dendriten ausser Zweifel stellen würden, muss ich nun aber doch bemerken, dass dieselben mit dem, was bisher allgemein angenommen wurde, in grossem Widerspruche stehen. Bisher galt es als ein Axiom, dass ein Protoplasmafortsatz niemals zu einem Achsencylinder einer dunkelrandigen Faser sich gestalte und nun sollen die distalen Theile aller sensiblen Fasern die Bedeutung von Dendriten haben, obschon dieselben im Baue mit den markhaltigen Fasern ganz übereinstimmen. Ebenso gesucht scheint mir die weitere Aufstellung von *Ramón*, dass der einfache Schenkel der *Tubes en T* der Spinalganglienzellen ein Theil der Zelle sei, da doch derselbe eine Markhülle, eine *Schwann*'sche Scheide und oft eine *Ranvier*'sche Einschnürung besitzt (s. *Retzius* Nr. IV).

Von dieser Seite lässt sich mithin, wie mir scheint, die nervöse Funktion der Dendriten und ihre Leitungsfähigkeit bei den nervösen Vorgängen kaum erweisen und werden wir somit bei Würdigung ihrer Funktion im Rückenmarke nach anderen Thatsachen uns umsehen müssen. Ich möchte nun nach wie vor behaupten, dass gerade bei diesem Organe vorläufig auch nicht Eine Thatsache in diesem Sinne spricht, ja, dass umgekehrt die Erwägung, dass alle physiologischen Leistungen des Markes ohne Zuhilfenahme der Dendriten sich vollkommen genügend erklären, gegen dieselbe anzuführen ist. Dazu kommt dann noch die von mir oben schon berührte Thatsache, dass im Marke des Menschen und von Säugern Dendriten im Innern und an der Oberfläche der weissen Stränge vorkommen, wo von Einwirkungen von nervösen Elementen auf dieselben keine Rede sein kann. Diesen Satz bestreitet nun allerdigs *Ramón* auf Grund von wichtigen, von ihm und *Cl. Sala* an Batrachiern angestellten

Untersuchungen (Nr. VIII, S. 13 und folgende), bei denen nach den Beobachtungen von *Lavdowsky* und *Sala* an den Seitentheilen des Markes eine oberflächliche Schicht sich findet, die nur aus Verzweigungen von Dendriten von gewissen Nervenzellen der grauen Substanz besteht (s. unten). Derselbe will nämlich gefunden haben, dass in der genannten oberflächlichen Dendritenlage zwar keine markhaltigen Fasern der Stränge, dafür aber mehrerlei andere Nervenfasern enthalten sind, und zwar: 1. longitudinal verlaufende marklose Fäserchen, die auch in den Strängen selbst in wechselnder Menge sich finden, über deren Herkunft und Endigungen jedoch *Ramón* nichts meldet; 2. und das ist besonders erwähnenswerth und ganz neu, finden sich bei Batrachiern auch Collateralen der Strangfasern, die in der Richtung nach der Oberfläche des Markes verlaufen und theils im Innern der Stränge, theils innerhalb der oberflächlichen Lage der Protoplasmafortsätze ihre Endigungen zeigen (*Cl. Sala,* Fig. 4). Endlich sollen 3. in gewissen Regionen des Markes, besonders gegen die *Medulla oblongata* hin, auch nervöse Fortsätze von Kommissurenzellen längs der *Fissura ventralis* verlaufend, an der Oberfläche des Ventral- und Seitenstranges sich ausbreiten (*Cl. Sala,* Fig 5 *x*). Als Seltenheit erwähnt *Cl. Sala* noch, dass in Einem Falle eine motorische Wurzelfaser eine Collaterale zu dem cirkummedullären Dendritenplexus sandte (Fig. 5 *u*).

Eine Hauptfrage wäre nun, zu wissen, ob solche oberflächliche und im Innern der weissen Stränge endende Collateralen auch beim Menschen und den Säugern vorkommen. In ersterer Beziehung kann ich vorläufig nur so viel sagen, dass eine sorgfältige Prüfung meiner zahlreichen Präparate mir bei den Säugern keine Spur von nach aussen abgehenden Collateralen gezeigt hat, dagegen habe ich allerdings, wie bereits S. 91 erwähnt wurde, an den Collateralen des Ventral- und Seitenstranges, wie auch *Ramón,* einen Beginn ihrer Verästelung schon innerhalb der weissen Substanz gesehen, doch ohne dass es mir bis dahin möglich war, hier auch Endigungen derselben zu finden. Somit bleibt es vorläufig unentschieden, wie diese Verhältnisse bei den höheren Wirbelthieren gestaltet sind, und werden wir auf keinen Fall das bei den Batrachiern Beobachtete als Ausgangspunkt einer Hypothese über die Funktionen der Dendriten machen dürfen. Ich bleibe für einmal bei dem oben geäusserten Ausspruche, dass die physiologischen Verhältnisse des Rückenmarkes vollkommen genügend sich erklären, auch wenn man die Dendriten der Zellen der grauen Substanz nicht als leitende nervöse Apparate auffasst, und erlaube mir noch besonders hervorzuheben, dass weder *Ramón,* so eifrig er auch die nervöse Natur und Funktion aller Dendriten verficht, noch auch *v. Gehuchten* und *v. Lenhossek,* die auf demselben Standpunkte zu stehen scheinen, den geringsten Versuch gemacht haben, die Leistungen der Dendriten der Rückenmarkszellen in ihre physiologischen Auseinandersetzungen und Schemata einzubeziehen, Beweis genug, dass auch sie glauben, ohne Verwerthung der Dendriten die Physiologie des Rückenmarkes verständlich machen zu können.

Unter diesen Verhältnissen halte ich es nicht für nöthig, die Verwickelungen im Einzelnen auszumalen, welche sich ergäben, wenn man anzunehmen hätte, dass alle centripetalleitenden Elemente des Markes, d. h. die sensiblen Wurzelfasern und ihre Collateralen, die Fasern der Kleinhirnseitenstrangbahn und ihre Collateralen, viele Strangfasern der ventralen und Seitenstränge

sammt ihren Collateralen nicht nur auf die betreffenden Nervenzellen, sondern auch auf deren Dendriten einwirkten, wenn ferner auch die Pyramidenbahnen und ihre Collateralen möglicher Weise nicht nur auf die motorischen Zellen und ihre Dendriten, sondern vielleicht auch auf die Dendriten von Strangzellen und Kommissurenzellen einen Einfluss ausüben würden. Wir haben im Marke schon nach dem oben Auseinandergesetzten so zahlreiche Beziehungen der verschiedenen Elemente zu einander, dass es nicht leicht ist, isolirte Leistungen zu begreifen und wird kaum Jemand Verlangen darnach tragen, diese Verhältnisse ohne zwingende Gründe noch schwieriger zu gestalten.

§ 129.

Entwicklung des Rückenmarks. Neuroglia. Zur Kenntniss des feineren Baues des Rückenmarks gehört auch die Kenntniss der Neuroglia oder Glia (*Virchow*), des sogenannten Nervenkittes oder der Stützsubstanz des centralen Nervensystems und diese kann nicht geschildert werden, ohne auf die Entwicklung des Organes einzugehen; doch ist es nicht nöthig, an diesem Orte eine mehr als übersichtliche Darstellung derselben zu geben und müssen alle speziellen Verhältnisse der Entwicklungsgeschichte überlassen werden.

A. Entwicklung des Rückenmarks.

Das Rückenmark entwickelt sich aus dem Ektoderm und besteht nach der Schliessung der Rückenfurche aus einem Kanale, dem späteren Centralkanale, dessen dicke Wandungen anfangs von ganz gleichartigen, radiär gestellten Zellen gebildet werden, welche, scheinbar wie eine mehrschichtige Lage sich darstellen, in der That aber doch nur einschichtig sind, indem jede Zelle mit ihren Enden die beiden Oberflächen erreicht und nur die Kerne in verschiedenen Höhen stehen. In zweiter Linie scheidet sich diese Wand in zwei Lagen, von denen die äussere (die Mantelschicht von *His* oder die „gereiftere Kernzone“ von *Merk*) einen lockereren Bau besitzt und die Anlage der grauen Substanz ist, während die innere (die Innenplatte von *His* oder die Kernzone von *Merk*) vorläufig noch dasselbe Aussehen und dieselbe Bedeutung beibehält, welche der primitiven noch ungetheilten Wand des Medullarrohres zukam.

Bevor diese Scheidung auftritt und in wesentlichem ursächlichem Zusammenhange mit derselben, bilden sich in der Wand des Rohres zahlreiche Mitosen (*Altmann, Rauber, Merk, Burckhardt*), welche „ventrikulären und ultraventrikulären Mitosen“ zu einer stetigen Zunahme der Zellen der primitiven Markanlage an Zahl und zu einer Massenzunahme der ganzen Anlage führen. Da jedoch diese Mitosen namentlich in späteren Zeiten vorwiegend an den Seitenwandungen des Centralkanales vorkommen, so bezieht sich diese Zunahme wesentlich auf eine Verbreiterung und weniger auf eine Vergrösserung im *Diameter dorsoventralis* des Organes und erhalten sich an diesen Seiten, in der sogen. Bodenplatte und Schlussplatte (*His*) die ursprünglichen Verhältnisse längere Zeit. Indem nun in dieser Weise die Wand der ursprünglichen Markanlage sich verbreitert und immer mehr Zellen von innen her lateralwärts vorgeschoben werden, nimmt, wie *His* zuerst nachgewiesen hat, ein Theil der Markzellen besondere Gestaltungen an. Einmal wächst ein Theil der Elemente der Innenplatte, und zwar die Spongioblasten von *His*, in Neurogliafasern aus,

welche die Markanlage in ihrer ganzen Dicke durchsetzen und an der äusseren Oberfläche derselben seitlich eine dünne zellenfreie Lage, den Randschleier von *His*, bilden und zu einer dünnen Begrenzungshaut, der *Limitans meningea His*, verschmelzen. Auf der anderen Seite gestaltet sich ein Theil der Elemente der Mantelschicht zu birnförmigen Zellen, welche die ersten Bildungszellen der Nervenfasern sind und aus diesem Grunde von *His* den Namen Neuroblasten erhielten. Indem nun diese Neuroblasten mit ihrem spitzen Ende in immer längere Nervenfasern übergehen, wachsen diese Fasern an den Seitentheilen und an der Ventralseite in den Randschleier hinein und gestalten denselben so zur Anlage der weissen Substanz.

Zugleich vermehren sich die Zellen der Innenplatte und der Mantelschicht und frägt es sich nun vor allem nach der Herkunft der Neuroblasten und Spongioblasten. Allem zufolge gehen diese beiden Zellenarten aus den ursprünglichen Ektodermzellen der Medullarplatte hervor, an denen *E. v. Beneden* und ich (Keimblätter des Kaninchens S. 37), schon in den frühesten Zeiten karyokinetische Theilungen wahrgenommen haben, die, wie später gezeigt wurde, vor allem in den innersten Lagen der Wand des Medullarrohres sich finden. Was *His* Keimzellen nennt, sind nichts anderes als die in Mitose begriffenen Zellen der ursprünglichen Markanlage und betrachte ich dieselben als die Elemente, durch deren Theilungen das Material für die Vermehrung einerseits der indifferenten Ektodermzellen, als auch andererseits ihrer Abkömmlinge, der Neuroblasten und der Spongioblasten, geliefert wird.

His hat in seinen klassischen Arbeiten über die Entwicklung des Markes und des Gehirnes die Frage nach der Herkunft der Keimzellen, der Neuroblasten und der Spongioblasten an mehreren Stellen berührt, ohne dieselbe endgültig zu entscheiden, doch neigt er sich mehr der Annahme zu, dass die Keimzellen und die Epithelzellen nicht zusammengehören. Ganz bestimmt hat sich dagegen *Ramón y Cajal* (Nr. VII) in seiner äusserst wichtigen Mittheilung über das erste Auftreten der Ausläufer der Nervenzellen auf die Seite gestellt, die ich hier vertrete, und wenigstens den Beweis erbracht (Fig. 1, 4, 7), dass die Nervenzellen des Hühnchens bei ihrem ersten Auftreten wie Ependymzellen aussehen, wenn es ihm auch nicht gelang, die Beziehungen der primitiven Ependymzellen zu den Neuroblasten und Spongioblasten in ihren Einzelnheiten zu ermitteln. Sehr bedeutungsvoll ist auch der von *Ramón* gegebene Nachweis von freien angeschwollenen Enden (*cônes de croissance*) der sich entwickelnden Nervenfasern und Collateralen (l. c. Fig. 1, 3, 7) innerhalb des Markes und selbst im Innern der sensiblen Wurzeln. In Betreff der Dendriten bestätigen diese Untersuchungen die schon von *His* gemachte Angabe, dass dieselben erst in zweiter Linie aus dem Körper der Neuroblasten hervorsprossten, doch ist *Ramón* der Ansicht, dass manche Neuroblasten von Hause aus spindelförmig sind und dass der kürzere, dem Centralkanale zugewendete Fortsatz derselben später zu einem Dendriten sich gestalte. Auch *Vignal* spricht sich in seinen trefflichen Untersuchungen über die Entwicklung der Elemente des centralen Nervensystems (Paris 1889) in demselben Sinne aus, wie ich.

Nehmen wir die hier gegebene Deutung der bei der Entwicklung des Markes sich abspielenden Vorgänge als richtig an, so erklärt sich auch, in wie fern Wachsthum und Zelltheilung bei denselben zusammen wirksam sind, was *Merk* in seiner wichtigen

Arbeit in Folge von Missverständnissen leugnen zu müssen glaubt (Denkschr. d. Wiener Akad. Bd. 53, 1887). Dass Zelltheilung nicht nothwendig direkt mit Wachsthum verbunden ist, ist längst bekannt und lehrt dies ja die Furchung des Eies in ihren ersten Stadien deutlich genug. Dagegen geht in allen Fällen, in denen die Theilstücke einer Zelle sofort zur Grösse der Mutterzelle heranwachsen, Zelltheilung und Wachsthum Hand in Hand und so ist es beim Marke. Kommt dann, wie beim Nervensysteme, noch eine Vergrösserung der Tochterzellen über das Maass der Mutterzellen dazu, wie einmal bei der Umwandlung der Neuroblasten in grosse multipolare Zellen, und bei der Entwicklung der Nervenfasern und mithin der gesammten weissen Substanz aus diesen Zellen und zweitens bei dem Auswachsen der Spongioblasten in Neurogliafasern, so emanzipirt sich natürlich das Wachsthum in hohem Grade an der Zellentheilung.

Was nun die weitere Entwicklung der Markes betrifft, so wachsen sehr früh, wie *His* gelehrt hat, die sensiblen Wurzeln von den Spinalganglien aus, die vom ersten Anfange an dem Rückenmarke anliegen und mit demselben eins sind, an das Mark heran und in dasselbe hinein und bilden Anlagerungen

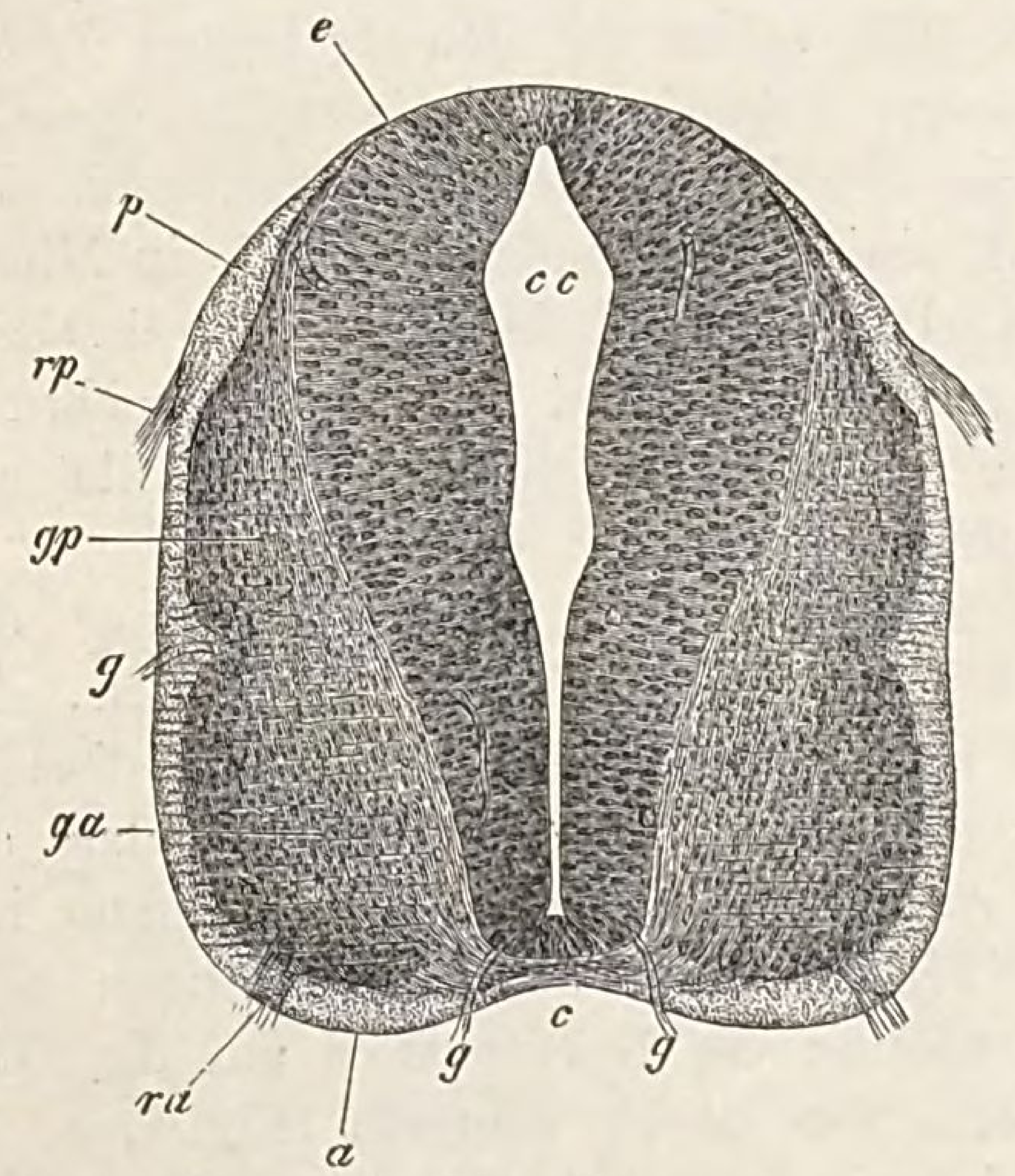


Fig. 401.

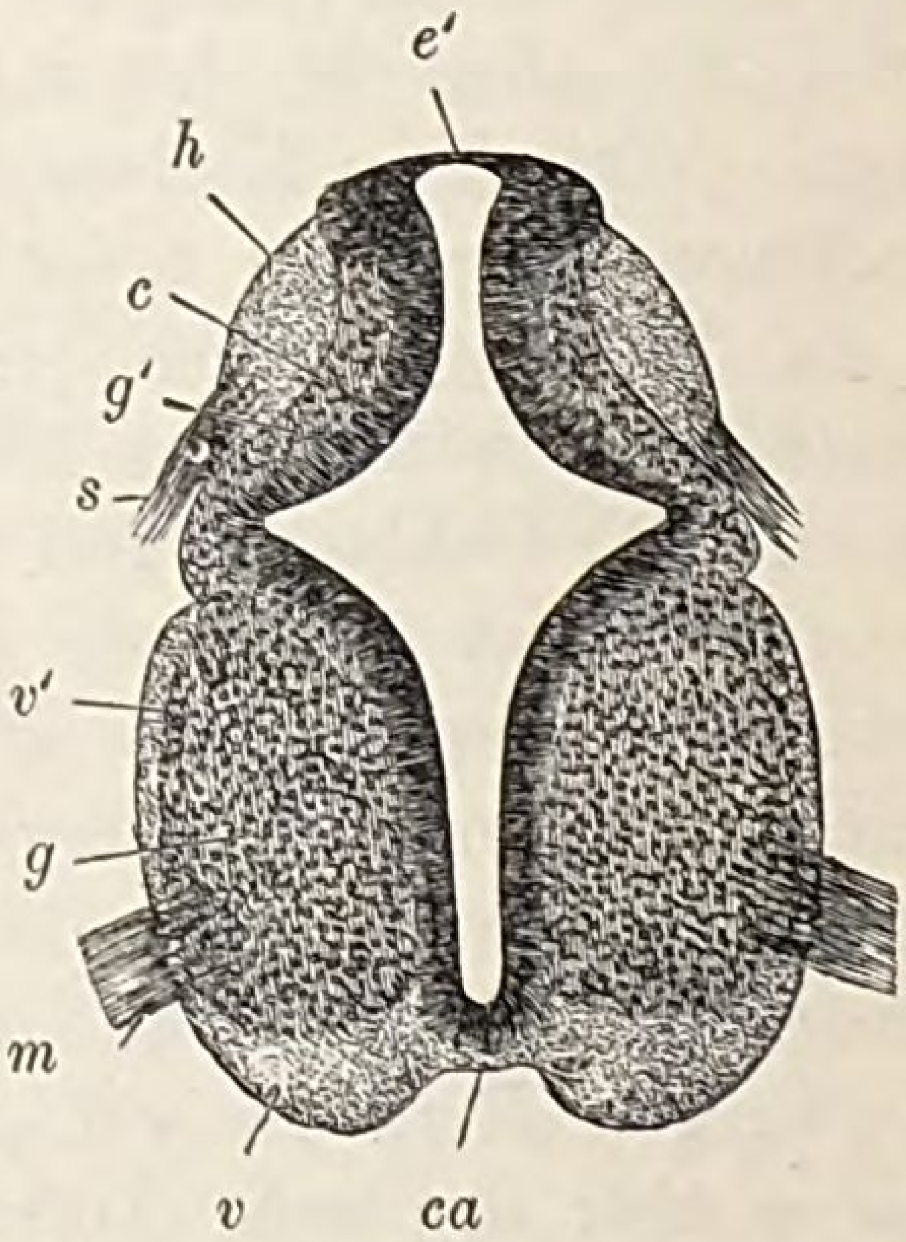


Fig. 402.

oder Auflagerungen an demselben, die nichts anderes als die ersten Anlagen der Dorsalstränge sind (Fig. 402 *h*), bei welchem Vorgange die Spinalganglienzellen anfangs als bipolare Zellen auftreten und erst nach und nach durch Zusammenrücken und Verschmelzung der zwei Ausläufer bei den höheren Wirbelthieren zu unipolaren Zellen sich gestalten.

Fig. 401. Querschnitt des Markes eines Kaninchenembryo von 14 Tagen aus der Halsgegend. Vergr. 68. *cc* Centralkanal; *a* Ventralstrang; *ra* ventrale Wurzel; *gg* Gefässe; *p* Dorsalstrang; *rp* dorsale Wurzel; *ga* motorischer grauer Kern; *gp* sensibler grauer Kern, Ursprungs- und Endstellen der Wurzeln; *c Commissura ventralis* (sollte ganz querstreifig sein); *e* scheinbares Epithel des Centralkanales.

Fig. 402. Querschnitt des Halsmarkes eines 6 Wochen alten menschlichen Embryo von 0,56 mm Höhe und 0,44 mm Breite am breitesten Theile, 50 mal vergrössert. *c* Centralkanal; *e* epithelartige Auskleidung desselben; *g* ventrale graue Substanz mit einem dunkleren Kern, aus dem die ventrale Wurzel entspringt; *g'* dorsale graue Substanz; *v* Ventralstrang; *h* Dorsalstrang; *ca Commissura alba*; *m* ventrale, *s* dorsale Wurzel; *v'* dorsaler Theil des Ventralstranges (sogenannter Seitenstrang); *e'* dünner Theil der Auskleidung des Centralkanales in der dorsalen Mittellinie.

Ganz verschieden von diesem Vorgange ist die Entwicklung der motorischen Wurzeln und aller Strangfasern mit Ausnahme derer der Pyramidenbahnen. Alle diese Elemente entwickeln sich aus den vorhin erwähnten Neuroblasten, indem dieselben eine birnförmige Gestalt annehmen und einen Fortsatz treiben, der bald länger werdend als Achsencylinder erscheint. Ein Theil der Neuroblasten nun treibt seine Achsencylinder gegen die ventrale Fläche des Markes hin und aus demselben heraus und liefert so die motorischen Wurzeln. Andere Neuroblasten, diejenigen der *Formatio arcuata* von *His*, senden ihre Axonen von der Dorsalseite her neben dem Centralkanale gegen die ventrale Fläche und am Centralkanale vorbei auf die andere Seite und liefern Theile der *Commissura alba* und des Ventralstranges der andern Seite. Noch andere Nervenbildungszellen schieben ihre Fortsätze in die Seitentheile in den Randschleier und erzeugen die seitlichen Theile des Ventralstranges (Fig. 401). So entstehen nach und nach beim Menschen vier weisse Stränge und die weisse Kommissur, ferner vier anfänglich fast ganz getrennte Ansammlungen grauer Substanz (mein Grundriss der Entwicklungsgeschichte 2. Aufl. Fig. 170), während der Centralkanal zwar immer noch von mehrfachen Zellenlagen begrenzt ist, aber doch dünnwandiger wird.

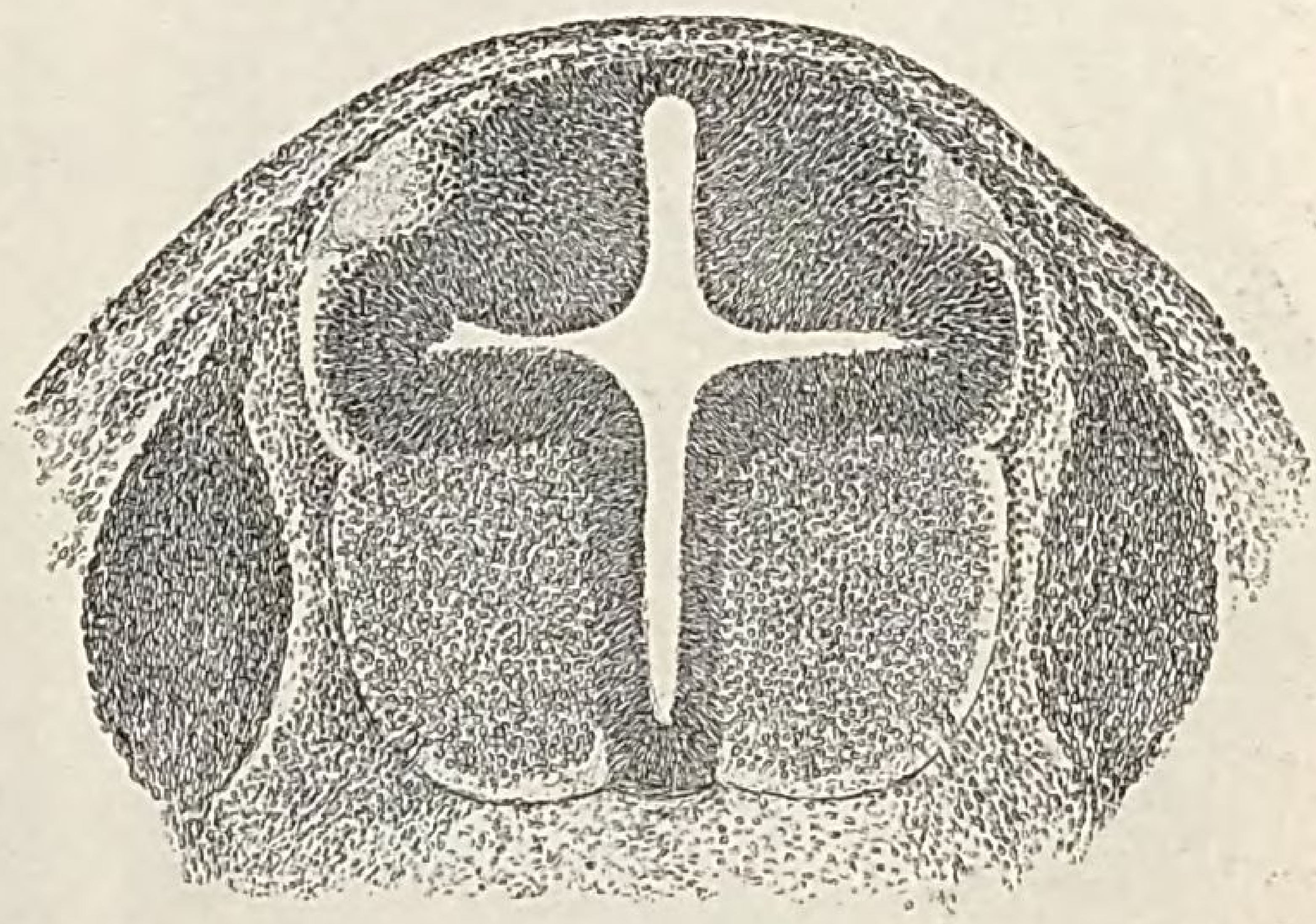


Fig. 403.

Während dem Gesagten zufolge beim Menschen die weisse Substanz in Gestalt von vier Strängen auftritt, erscheint dieselbe beim Kaninchen als ein seitlich zusammenhängender Beleg (Fig. 401) und ist auch hier in demselben Stadium die Wand des Centralkanales viel dicker, doch sind bei diesem Geschöpfe und, wie *His* lehrt, bei allen Wirbelthieren die Grunderscheinungen der ersten Entwicklung des Markes dieselben.

Für die spätere Ausbildung des menschlichen Markes verweise ich nun zuerst auf die Fig. 403, die den Querschnitt des Markes eines menschlichen Embryo von 8 mm Länge bei geringerer Vergrösserung darstellt und auf Fig. 404, die die eine Hälfte desselben stärker vergrössert wiedergiebt. Bei diesem sehr gut erhaltenen Embryo, dessen Mark 0,79 mm in der Quere und 0,76 mm im *Diameter dorso-ventralis* betrug, war der Centralkanal in der Mitte noch mehr in die Quere gezogen, als die Fig. 402 denselben zeigt, und besass in seinem ganzen dorsalen Theile ein mächtiges Ependym oder eine Innenzone von 0,21 mm Dicke in Maximo. Weisse Substanz fand sich gut entwickelt an den Eintrittsstellen der dorsalen Wurzeln, die einen beiläufig dreieckigen oder kurz kegelförmigen Dorsalstrang bildeten, der z. Th. aus Querschnitten feinster Fäserchen

Fig. 403. Querschnitt des Markes eines menschlichen Embryo von 8 mm Länge, vergr. Natürliche Grösse 0,79 : 0,76 mm.

bestand, z. Th. und zwar an den Eintrittsstellen der sensiblen Wurzeln auch horizontal verlaufende und pinselförmig ausstrahlende feinste Achsencylinder zeigte. An der ventralen Seite der Eintrittsstelle der sensiblen Wurzel fand sich, der ausgebuchteten Stelle des Centralkanales entsprechend, keine weisse Substanz, dagegen trat eine solche an der ventralen Seite der breitesten Stelle des Markes jenseits einer deutlichen seitlichen Längsfurche (Cylinderfurche, *His*) in anfangs geringer Entwicklung auf und verlief mächtiger werdend bis zur ventralen Fläche, woselbst dieselbe bis 26—30 μ Dicke erreichte und dann in eine nur 19 μ dicke *Commissura alba* sich fortsetzte.

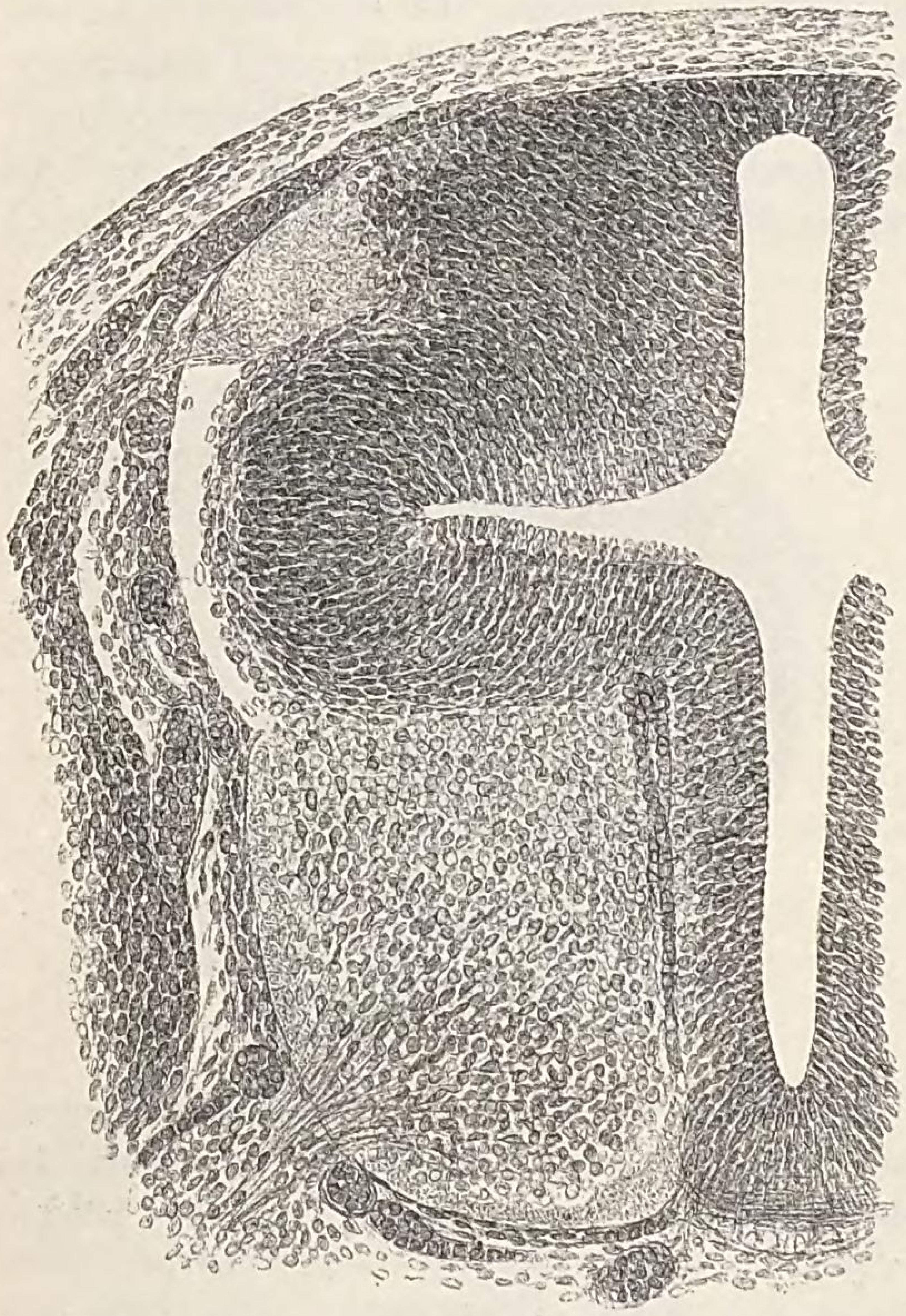


Fig. 404.

Die graue Substanz war ebenfalls an der ventralen Seite viel besser entwickelt als an der dorsalen und bildete hier eine mächtige, rundlich viereckige Masse, in welcher die Ursprungszellen der motorischen Wurzeln als birnförmige Neuroblasten mit den feinen Wurzelfasern selbst, dann bogenförmig verlaufende Fäserchen (*Formatio arcuata, His*), als Ausstrahlung der ventralen Kommissur, endlich eine grosse Anzahl runder Zellen (Spongioblasten, *His*) und radiärer feiner Fasern zu unterscheiden waren. Die bogenförmigen Kommissurenfasern verliefen in der Nähe der Kommissur neben dem Centralkanale und der *Arteria spinalis ventralis*. Im weiteren Verlaufe jedoch wendeten sich dieselben, über einen grösseren Raum ausstrahlend, in der Richtung auf die seitliche Furche lateralwärts und verloren sich in einem dünnen Belege grauer Substanz (Fig. 404), der an der Seite der grössten Breite des Centralkanales seine Lage hatte und aus einigen (zwei, höchstens drei) Schichten länglicher Zellen mit verlängerten Kernen bestand, die offenbar den von *His* beschriebenen Neuroblasten der Kommissurenfasern entsprechen (s. *His*, Sächs. Ber. 1886 Nr. VI Fig. 1 und 2 der Tafel und Holzschnitt *b* vom Embryo *S*, der meinem Embryo nahe steht). Der eben genannte graue Beleg war bis zum ventralen Rande des Dorsalstranges

Fig. 404. Die eine Hälfte des Rückenmarkes der Fig. 403 stärker vergrössert.

sehr deutlich, liess sich aber auch noch zwischen dem genannten Strange und der Ependymlage verfolgen und endete dicht an der medialen Seite des Dorsalstranges leicht verdickt, so dass der Centralkanal mit seiner dorsalen Wand in der Breite von 0,4 mm für sich allein die äusserste Begrenzung des Markes bildete. Noch ist zu bemerken, dass die Zellen des Ependyms in der ventralen Wand der seitlichen Verbreiterung des Centralkanales in konzentrischen Bogenlinien (s. d. Figur) angeordnet waren und in Ependymfasern ausliefen, die die Gegend der Seitenfurche und die ventral an dieselbe angrenzenden Theile einnahmen.

Ein Embryo von 5 Wochen, dessen Mark 1,07 mm Breite und 1,22 mm im dorso-ventralen Durchmesser betrug und demjenigen der Fig 2 der Tafel von *His* entsprach (Fig. 405), zeigte als Hauptfortschritt den, dass einmal der Dorsalstrang viel breiter war und weiter gegen die Mitte sich entwickelt hatte, sodass die Schlussplatte des Centralkanales nur noch in einer Breite von 0,36 mm unbedeckt war. Ferner war nun auch an der ventralen Seite des Dorsalstranges weisse Substanz des späteren lateralen Stranges vorhanden und die laterale Furche des Markes in gewissen Gegenden ganz verschwunden, zum Theil wie in den caudalen Abschnitten nur noch in Andeutungen da. Der Centralkanal besass mehr die typische Form, war aber doch in seinem dorsalen Abschnitte noch sehr weit und erreichte hier sein Ependym immer noch 0,16 mm in Maximo. Den feineren Bau anlangend, so waren die Neuroblasten der ventralen Wurzeln und der Kommissurenfasern sehr deutlich, ausserdem aber auch viele andere Strangzellen zu erkennen und besassen viele derselben schon Andeutungen der Dendriten in Gestalt von kurzen Zacken an der dem Achsencylinder entgegengesetzten Seite. Bei diesem und dem Embryo von 4 Wochen waren auch an feinen Schnitten die noch bipolaren Ganglienzellen der Spinalganglien mit Leichtigkeit zu erkennen.

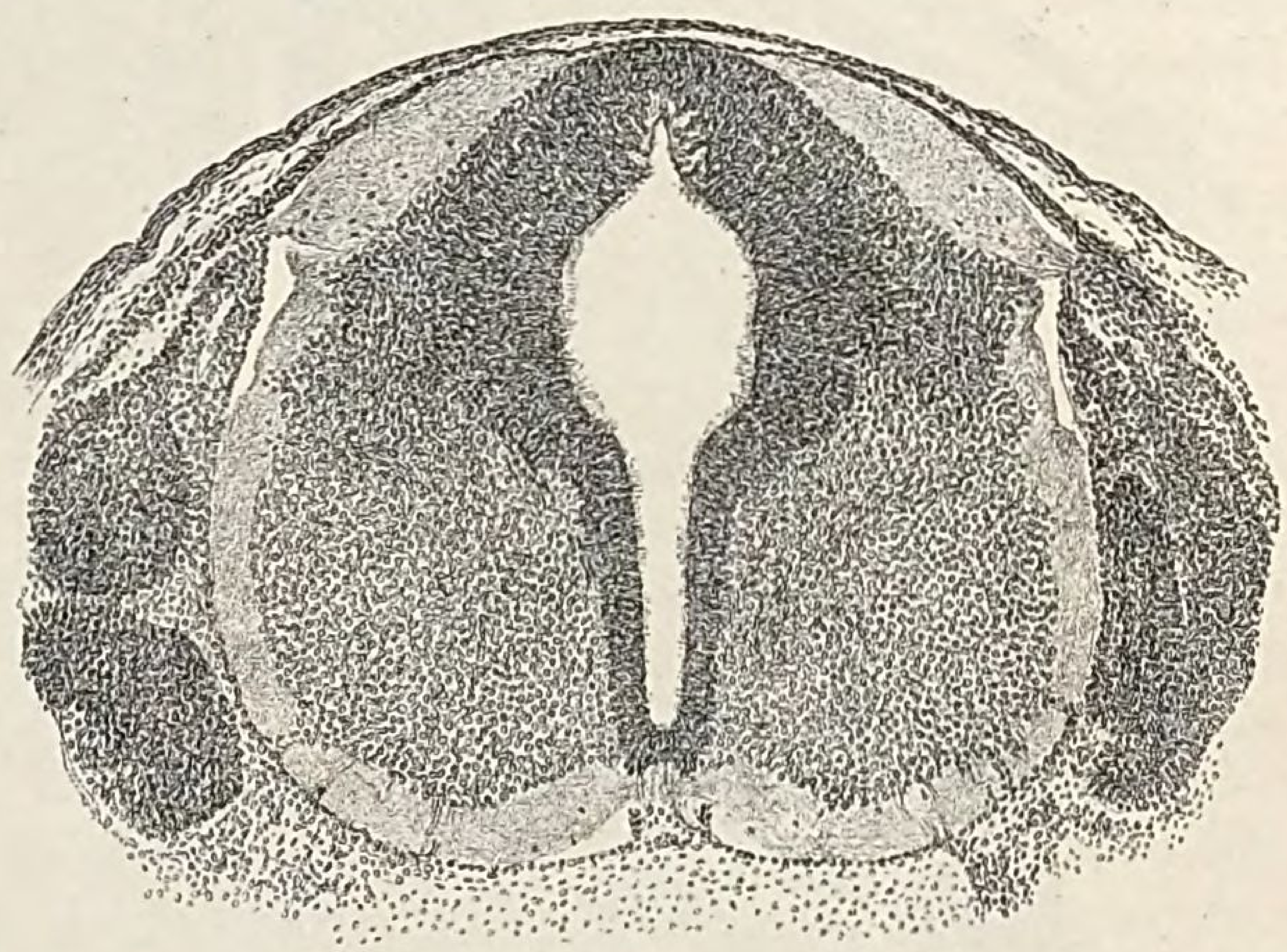


Fig. 405.

Als wichtiges Novum erwähne ich von diesem Embryo, dass die weisse Substanz, deren Bau ein zierliches, feinstes Gitterwerk mit feinsten Pünktchen, den Querschnitten der Achsencylinder, zeigte, an vielen Stellen einzelne oder gehäuft stehende, runde Kerne enthielt, die nicht selten Protoplasmaumhüllungen besassen, von denen aus feine Fasern in das Gitterwerk der weissen Substanz

Fig. 405. Querschnitt des Markes eines Embryo von 5 Wochen.

übergingen. Diese Elemente, die ich als die erste Andeutung der *Golgi'*schen oder *Deiters'*schen Zellen der Neuroglia der Markstränge betrachte, fanden sich meist in der Nähe der grauen Substanz, waren den Spongioblasten dieser ganz gleich und zeigten nicht die geringsten Beziehungen zu den Gefässen oder Hüllen des Markes. Am zahlreichsten fanden sich dieselben im Dorsalstrange, spärlicher im Seitenstrange und Ventralstrange.

Ich beschreibe nun noch einen Embryo vom Ende des 2. Monates (der beiläufig dem Embryo *h o* von *His*, l. c. Fig. 9 entspricht), dessen Dorsalmark 1,12 mm breit war und im *Diameter dorso-ventralis* 1,24 mm betrug. Der Centralkanal mass noch 0,81 mm im *Diameter dorso-ventralis* und war am Dorsalende obliterirt und ein *Septum dorsale* von 0,17 mm Länge, aus verlängerten Ependymzellen gebildet, an seine Stelle getreten, deren Faserenden an der Oberfläche der dorsalen Mittellinie eine schmale, pinselförmige Ausstrahlung bildeten. Der Dorsalstrang reichte nun bis an dieses Septum heran und war *in toto* 0,62 mm breit. An demselben trat die Eintrittsstelle der sensiblen Wurzeln immer noch als eine 0,08 mm dicke, halbkugelige Stelle hervor, weiter medianwärts verschmälerte sich dann der Dorsalstrang auf 0,054 mm, um dicht am Septum wieder eine Dicke von 0,108 mm zu erreichen. Hier zeigte auch der Dorsalstrang ein dreieckiges Feld von eigenthümlich feinkörniger Beschaffenheit, welches unzweifelhaft den sich entwickelnden *Goll'*schen Strang darstellt. Genauer bezeichnet zeigte sich an diesem Marke die pinselförmige Einstrahlung der dorsalen Wurzelfasern deutlicher und etwas anders als früher. An ihrem Eintritte verbreiten sich diese Fasern nach beiden Seiten und gehen einmal in den

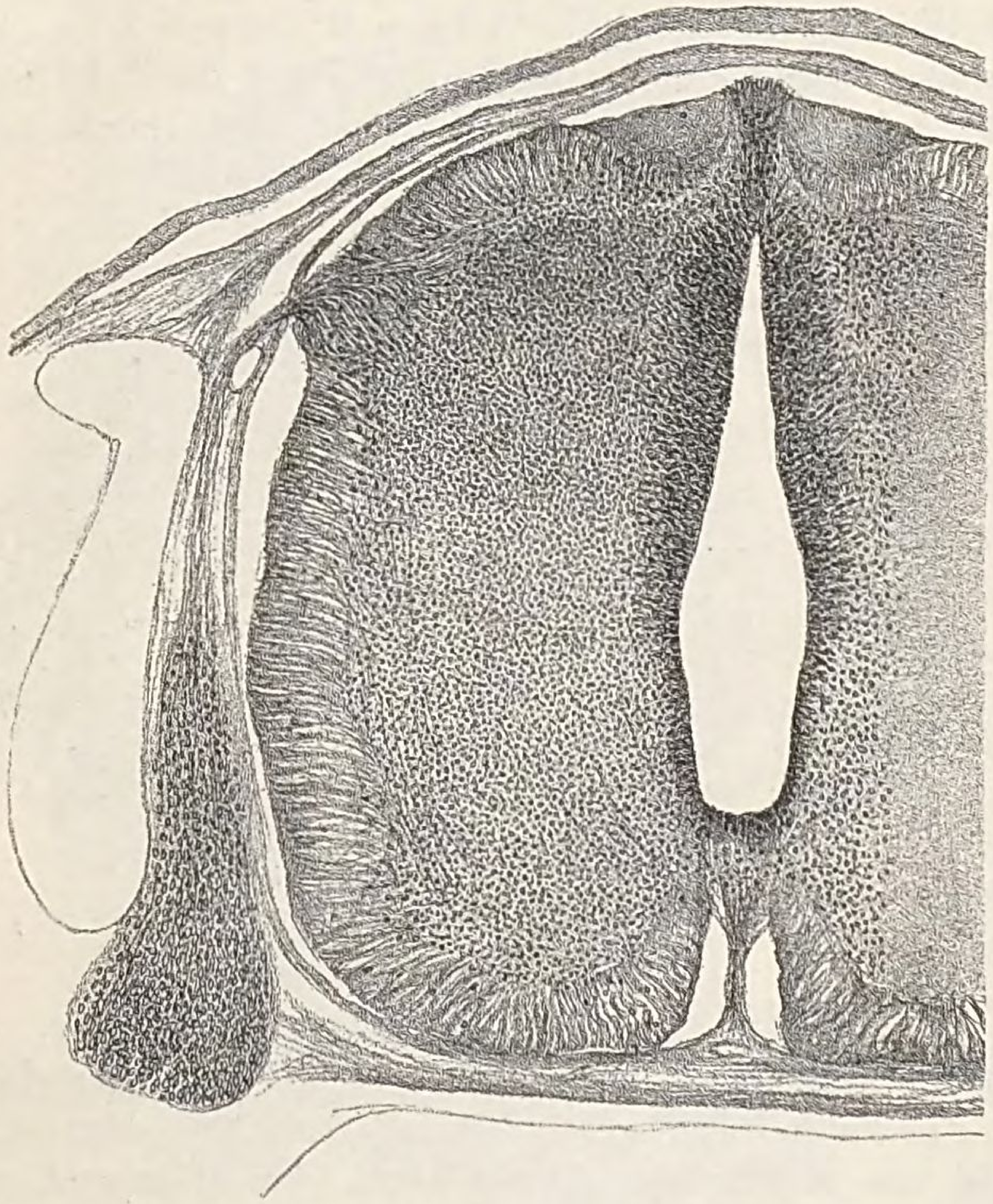


Fig. 406.

Fig. 406. Querschnitt des Markes eines menschlichen Embryo vom Ende des 2. Monats.

ventral von ihrer Eintrittsstelle gelegenen Theil des Dorsalstranges bis zu einer seichten Furche, welche den Dorsalstrang gegen den dorsalen Theil des lateralen Stranges abgrenzt, welche Furche (Randfurche bei *His*) nichts anderes ist, als die spätere dorsale laterale Furche des Markes. Anderseits begeben sich Theile der Wurzelfasern im Einstrahlungskegel, den man jetzt zweckmässig vom eigentlichen Dorsalstrange abgrenzt, direkt einwärts gegen das dorsale Horn, während die am meisten medial gelegenen Fasern in den eigentlichen Dorsalstrang ausstrahlen und hierbei mit ihren letzten Enden die Anlage des *Goll*'schen Stranges erreichen, wo dieselben, jedoch nur schwer, in den tiefsten Theilen desselben wahrgenommen werden. Von dem ganzen lateralen Theile der Ausstrahlung der sensiblen Wurzeln sieht man auch eine Menge feiner Fasern in das Dorsalhorn einstrahlen, die unzweifelhaft nichts anderes sind, als die späteren, die *Substantia gelatinosa* durchsetzenden Büschel von Collateralen.

Der ventro-laterale Strang war bei diesem Embryo überall gut entwickelt, und traten die ventralen Stränge im engeren Sinne deutlich vor und begrenzten eine ziemlich tiefe ventrale Spalte. Am Centralkanale bildete das Ependym an der Basalplatte ein deutliches *Septum ventrale*, dessen Fasern durch die 0,075 mm dicke *Commissura alba* bis zum Grunde der ventralen Spalte reichten; weiter dorsalwärts verdünnte sich das Ependym anfangs, um dann in der Höhe der dorsalen Hörner eine Mächtigkeit von 0,054—0,081 mm zu erreichen, doch war die laterale Begrenzung desselben lange nicht mehr so scharf wie früher.

Was nun die graue Substanz anlangt, so ergab sich bei diesem Embryo das Neue, dass dieselbe nunmehr im dorsalen Abschnitte des Markes mächtiger war, als im ventralen, während bis dahin das Umgekehrte stattgefunden hatte. Die Entwicklung dieser Substanz erfolgte, wie wir schon früher sahen, durch Abspaltung und Umwandlung von Theilen der wuchernden primitiven Ependymwand des Centralkanales und diese Ablösung tritt in erster Linie in der ventralen Hälfte des Markes ein und schreitet von da langsam auf die dorsale Seite fort, wie dies Alles bereits von *His* im Einzelnen ausgeführt worden ist. In dieser Gegend bleibt daher die Wand des Centralkanales viel länger dick und im primitiven Zustande eines vielschichtigen Epithels (Fig. 404, 405). Aus der primitiven grauen Substanz entwickeln sich nach und nach alle Theile der späteren grauen Säulen und betone ich mit Rücksicht auf gewisse Aeusserungen von *His* (l. c. pag. 508), dass auch die *Substantia gelatinosa* aus einem Theile derselben hervorgeht und nicht sekundär von aussen dazu tritt. Zur *Substantia gelatinosa* werden vor allem die Theile, die an den Einstrahlungskegel der sensiblen Wurzel angrenzen, ausserdem ein Theil der weiter medianwärts gelegenen Abschnitte der primitiven grauen Substanz, während der Einstrahlungskegel selbst zur *Lissauer*'schen Randzone sich gestaltet. Hierbei beachte man noch, dass die gelatinöse Substanz der Embryonen viel breiter ist als später (s. Figg. 385, 386) und noch im 3. und 4. Monate ganz vollgepfropft von Spongioblasten und Neuroblasten ist, daher dieselbe auch viel dunkler erscheint als die übrigen Theile der grauen Substanz und auch die späteren radiären Bündel von Collateralen nur sehr undeutlich zeigt. Ich stimme somit im Wesentlichen mit den sorgfältigen Auseinandersetzungen überein, welche *H. K. Corning* über die Entwicklung der *Substantia gelatinosa* gegeben hat (Mikr. Arch. Bd. 31).

Zum Schlusse bemerke ich noch, dass auch bei diesem Embryo alle Theile der weissen Substanz Spongioblasten enthielten, doch waren dieselben auch in diesem Falle in den ventro-lateralen Strängen spärlich mit Ausnahme der *Commissura alba*, wo dieselben ebenso reichlich vorhanden waren, wie im dorsalen Strange.

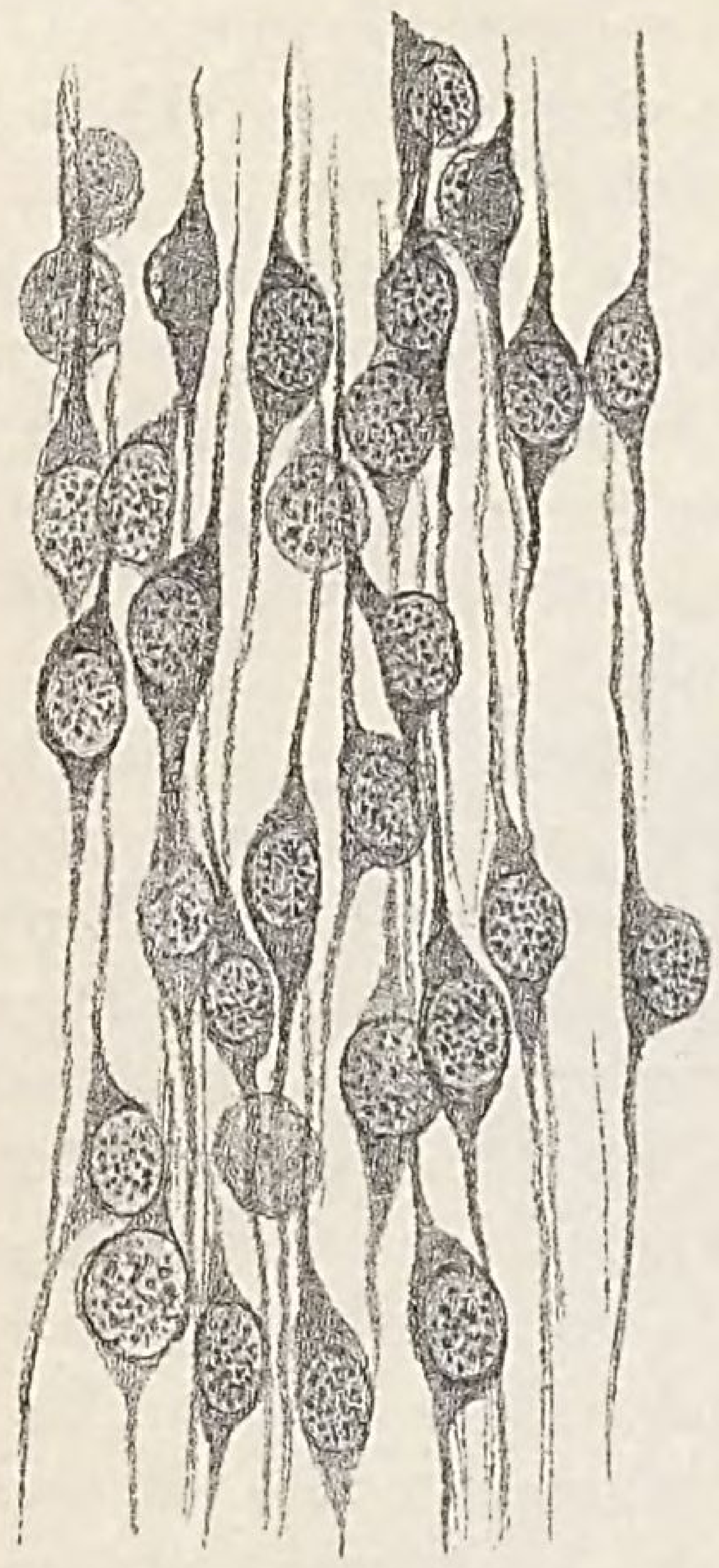


Fig. 407.

In den Spinalganglien fanden sich auch bei diesem Embryo ungemein deutlich theils einfach bipolare Zellen, theils Elemente, die die Nervenfasern an Einer Seite der Zelle aufnehmen und abgeben, wie *His* dieselben zeichnet und mit Recht als Uebergangsstadien zu den späteren unipolaren Zellen ansieht (Fig. 407). Ausserdem bemerke ich, dass mir bei allen Embryonen des 2., 3. und 4. Monates auffiel, dass die Zellen der Spinalganglien eine verschiedene Grösse besitzen und Nester grosser Zellen oft von solchen kleinerer Elemente bestimmt getrennt sind.

Für die weitere Entwicklung des Markes des Menschen in morphologischer Beziehung verweise ich auf meine Entwicklungsgeschichte 2. Aufl. Fig. 373—376, auf die oben citirte Arbeit von *Vignal* und vor allem auf die ausführlichen Arbeiten von *His* (Abhandl. der sächsischen Gesellschaft d. Wiss. Bd. XIII und XV 1886 und 1889).

B. Stützsubstanz des Rückenmarkes oder Neuroglia.

1. Neuroglia des embryonalen Markes.

Wie *Golgi* zuerst nachgewiesen hat, und später *Magini, Falzacappa, Ramón, ich selbst, Retzius, v. Gehuchten, v. Lenhossek* u. A. bestätigten, besitzt das Mark junger Embryonen anfänglich nur einerlei Gliazellen, die nichts anderes sind, als die sogenannten Ependymzellen des Centralkanales, die mit ihren Ausläufern radienartig das ganze Mark durchziehen und an der Oberfläche desselben dicht an der Pia meist mit grösseren oder kleineren Verbreiterungen enden. Diesen mit der *Golgi*'schen Methode gewonnenen Erfahrungen gingen andere minder vollständige voraus. Vor langer Zeit schon wurde durch *Stilling, Clarke* und *mich* die Wahrnehmung gemacht, dass die mittleren ventralen und dorsalen Ependymzellen des Centralkanales, in lange Fasern ausgewachsen, bis in den Grund der ventralen Spalte und in das dorsale Septum sich erstrecken, was von mehreren Seiten (*Reissner, Stieda*) bestätigt wurde. Später fanden dann *Hensen* und *ich* selbst im Rückenmark junger Embryonen besondere radiäre Fasern, die

Fig. 407. Bipolare Ganglienzellen aus einem *Ganglion sacrale* eines Embryo des Menschen am Ende des 2. Monats. Starke Vergr.

vom Ependym ausgehend das Mark durchzogen, eine Beobachtung, die dann besonders durch *His* und *Vignal* erweitert und im Einzelnen ausgeführt wurde. Immerhin blieben auch diese Erfahrungen in gewissem Sinne unvollkommen und verdanken wir erst der *Golgi*'schen Methode volle Aufschlüsse über dieses Fasersystem, das ich als das der Ependymfasern bezeichne.

Gehen wir auf eine genauere Schilderung dieser Ependymfasern ein, so finden wir folgendes: Bei ganz jungen Geschöpfen bestehen dieselben, wie die Fig. 408 lehrt, einzig und allein aus einer gewissen Zahl von Ependymzellen, die an ihrem oberflächlichen Ende in eine feine Faser auslaufen, welche Fasern an den Seiten des Centralkanales quer, an den ventralen und dorsalen schmalen Seiten desselben pinselförmig ausstrahlend zur Oberfläche verlaufen. Die Zahl dieser Fasern entspricht auch an den am besten gefärbten Präparaten (siehe auch die Abbildung bei *Retzius* Nr. III, S. 103, Fig. 1 von einem Katzenembryo von 3 cm Länge) lange nicht allen den Centralkanal begrenzenden Ependymzellen und lässt daher auch das Gerüst derselben bei jungen Thieren grössere Lücken. Doch wird dies dadurch einigermassen ausgeglichen, dass anfangs nur wenige, später mehr Ependymfasern an ihren äusseren Enden gabelig sich theilen oder selbst noch mehr sich verästeln. Beachtung verdient ferner, dass die kernhaltigen Theile dieser Ependymfasern, die durch spindelförmige Auftreibungen sich kundgeben, bald dicht an der innern Oberfläche des Centralkanales, bald in verschiedener Entfernung, von derselben sich finden, woraus ersichtlich ist, dass Zellen aus allen Gegenden des noch dicken Ependyms in solche Fasern auswachsen. Von Verschmelzungen der Ependymfasern untereinander, von dem Vorkommen ferner von hintereinanderliegenden verschmolzenen Zellen, wie solche Bildungen von *His* an seinen Objekten gesehen wurden, zeigen *Golgi*'sche Präparate keine Spur und bleibt dahin gestellt, welche Behandlungsweisen mehr Vertrauen verdienen.

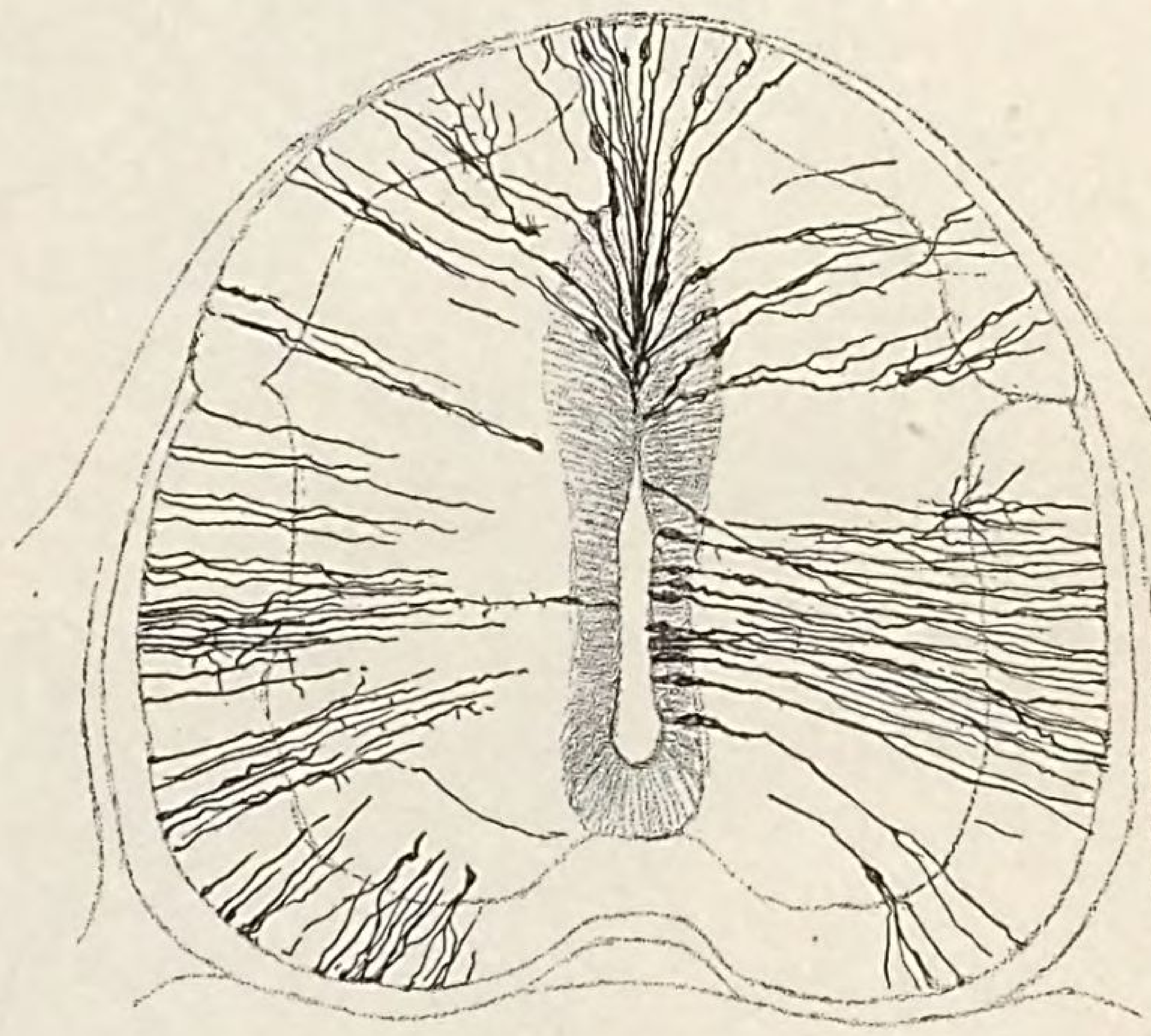


Fig. 408.

Geht man zu etwas älteren Embryonen über, wie die Fig. 409, 410 sie darstellen und die Taf. I von *v. Lenhossek* (Nr. VIII), so ergeben sich etwas andere Bilder. Zwar fehlen auch in solchen Präparaten echte Ependymfasern nicht, doch kommen dieselben fast ausschliesslich in der ventralen Hälfte des Markes vor. Im dorsalen Theile finden sich dieselben nur noch vertreten in der sagittalen Medianebene, wo dieselben zwischen den beiden dorsalen

Fig. 408. Ependymfasern des Markes eines Hühnerembryo von 7 Tagen, mittlere Vergrösserung, Behandlung nach *Golgi*.

Strängen im Querschnitte ein nur aus wenigen aber sehr langen Fasern gebildetes Bündelchen bilden (Fig. 409), das ich, weil es in der gesammten Länge des Markes ein zusammenhängendes Gebilde darstellt, das dorsale Ependymseptum nannte (hinteres Keilstück, *Retzius*). Im ventralen Theile dagegen finden wir die Ependymfasern noch ungefähr in derselben Weise vorhanden wie

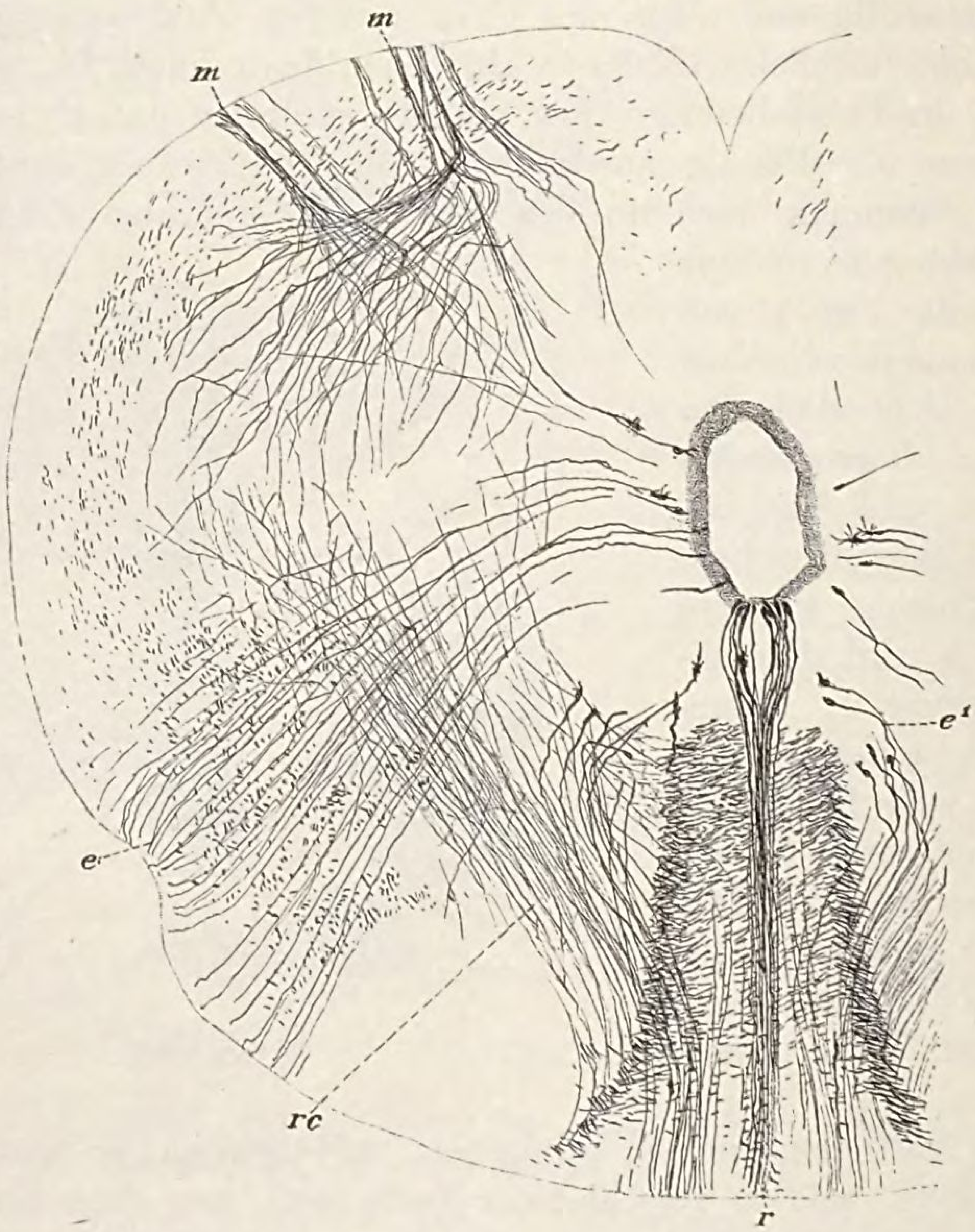


Fig. 409.

früher, nur sind die oberflächlichen Verästelungen derselben zahlreicher und hat sich auch in der ventralen Mittellinie vom Centralkanale aus bis in den Grund der ventralen Spalte ein Septum ausgebildet, welches ventrale Ependymseptum (vorderes Keilstück, *Retzius*) aus kürzeren und zahlreicheren Zellen besteht als das dorsale.

Fig. 409. Querschnitt des Halsmarkes eines menschlichen Embryo von 4 Monaten. Durchmesser des Markes 2,7 mm in der Breite, *Diam. dorso-ventralis* 2,0 mm. *m* Motorische Wurzeln, *r* Raphe der dorsalen Ependymzellen zwischen den dorsalen Strängen. Von den dorsalen Strängen strahlen Reflexcollateralen *rc* in das ventrale Horn. Ependymfasern *ee'* kreuzen dieselben.

Wenn vorhin bemerkt wurde, dass der dorsale Theil des Markes fast keine vom Ependym ausgehenden Fasern enthalte, so ist damit nicht gesagt, dass in demselben Ependymfasern fehlen, denn es sind alle an den Seiten des Septum dorsale und an der ventralen Seite der dorsalen Stränge gelegene Zellen mit ihren langen, die Oberfläche der dorsalen Fläche des Markes erreichenden Fasern nichts als echte Ependymfasern, die in Folge der hier vor sich gegangenen Obliteration des Centralkanales nicht mehr mit demselben in Verbindung stehen und selbständig geworden sind (Fig. 410). Die Zellenkörper dieser Ependymfasern haben meist keine spindelförmige Gestalt mehr, sondern erscheinen

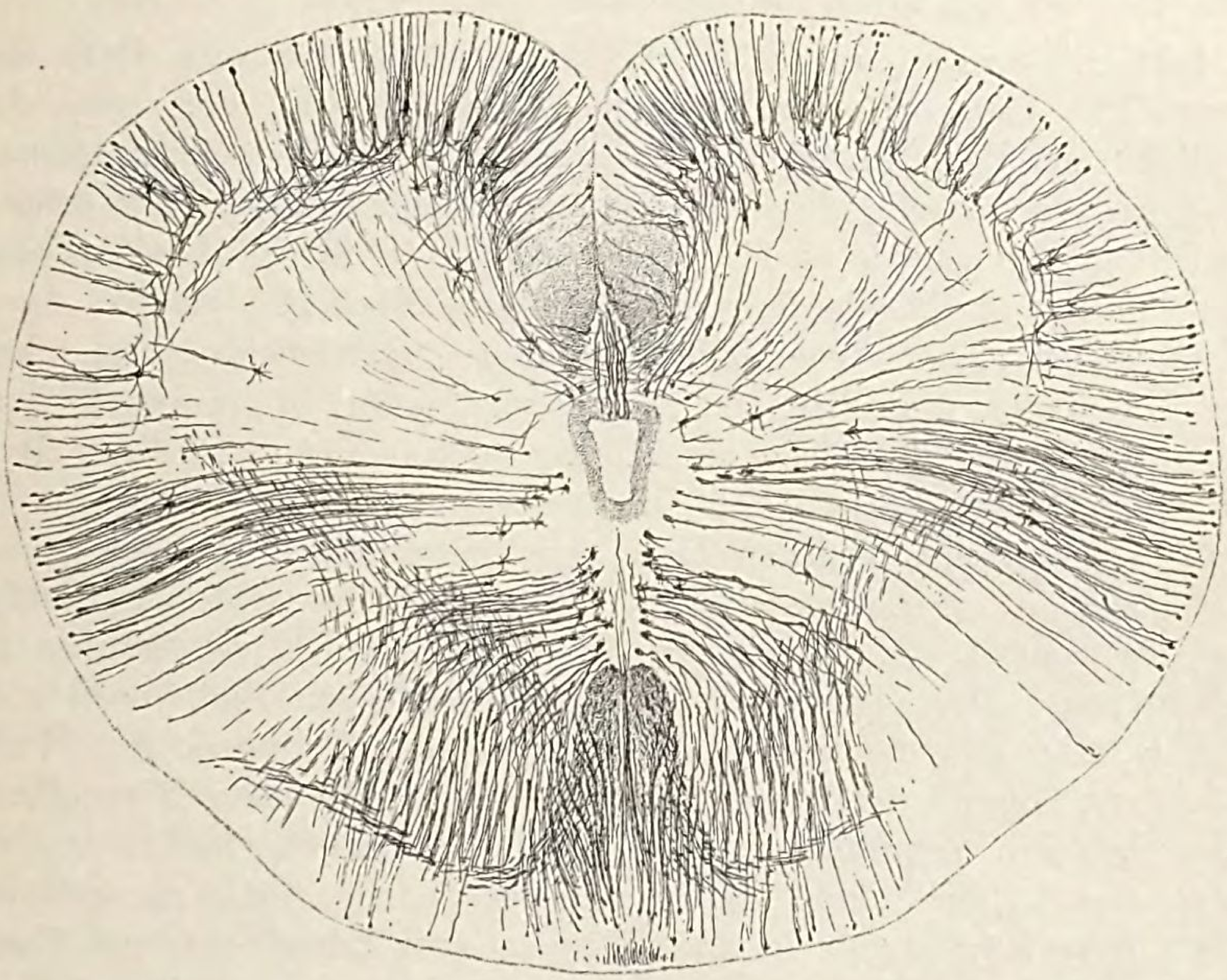


Fig. 410.

birn- oder kolbenförmig und sind auch in der Regel mit einer Anzahl kurzer, spitzer Fortsätze versehen, ja oft nahezu sternförmig. — Aehnliche Zellen und Fasern kommen nun auch seitlich vom Centralkanale in grösserer oder geringerer Entfernung von demselben, ja selbst bis nahe an der Oberfläche der grauen Substanz vor und ausserdem ist eine Lieblingsstelle solcher Gebilde das ventrale Horn, in welchem längs der lateralen Seite des Ventralstranges ein ganzer Zug solcher Elemente bis zur Gegend der Eintrittsstelle der ventralen Wurzeln verläuft. Von diesen Zellen können keine mehr auf frühere Ependymfasern zurückgeführt werden, d. h. auf Zellen, die einmal den Centralkanal begrenzten,

Fig. 410. Gliazellen eines Schafembryo von 9 cm. An der ventralen Seite sind namentlich links einige Fasern und motorische Wurzeln theils in der weissen Substanz, theils in ihrer Ausstrahlung sichtbar. An der dorsalen Seite schiefe Züge von Nervenfasern und Collateralen.

wohl aber bin ich der Meinung, dass dieselben Abkömmlingen des primitiven Ependyms, die in Folge von wiederholter Zellentheilungen oder von Nachschüben vom Ependym aus in die Anlage der grauen Substanz, oder die Mantelschicht des embryonalen Markes hinausrückten, ihren Ursprung verdanken. Wenn *v. Lenhossek* in der oben citirten Figur seiner Taf. I die letztbeschriebenen Zellen alle als Neurogliazellen den Ependymzellen gegenüberstellt, so kann ich ihm in einer Beziehung wohl Recht geben, muss aber doch betonen, einmal dass ein Theil derselben, nämlich die von den Seiten des Septum dorsale ausgehenden, ursprünglich sicher echte Ependymzellen waren und zweitens, dass auch die anderen Fasern alle mit Zellen verbunden sind, die genetisch auf das Ependym zurückführen.

Mehr Schwierigkeiten machen die Zellen in der ventralen Ecke der Ventralhörner, Fig. 410. Während die andern Radiärfasern, auch wenn dieselben nicht direkt mit Ependymzellen zusammenhängen, doch in ihrem ganzen Verhalten denselben so sehr gleichen, dass die Zusammengehörigkeit sofort in die Augen springt, haben wir es hier mit Gebilden zu thun, die alle Uebergänge von der Spindel- und Keulenform zur Sternform zeigen und oft von den echten *Golgi*'schen oder *Deiters*'schen Zellen nicht zu unterscheiden sind. Immerhin verdient Beachtung, dass dieselben alle ihre stärkeren, oft mehrfach verästelten Fortsätze gegen die Oberfläche des Markes entsenden und in dieser Beziehung an die echten Ependymfasern sich anschliessen. Solche Gebilde treten in erster Linie in der ventralen medialen Ecke der Ventralhörner auf, erscheinen dann aber bald auch (s. *v. Lenhossek* Tab. I von einem menschlichen Embryo von 14 cm aus dem 4.—5. Monate) an den Seitentheilen des Markes in und am Seitenstrange und nehmen endlich bei menschlichen Embryonen von sechs Monaten (s. Fig. 386 die linke Seite) die gesammte Peripherie des Markes mit Ausnahme der Gegend der Dorsalstränge ein. Ich habe diese Neurogliaelemente vor allem bei dem menschlichen Embryo von 4 Monaten studirt, von dem die Fig. 409 stammt und finde dieselben ausgezeichnet durch die sehr zierliche Sternform ihrer Körper, die in allen Formen vom Länglichen zum Rundlichen wechselt und dann auch durch das häufige Auftreten von halbmondförmig gebogenen Zellenkörpern, die ihre Konvexität der grauen Substanz zuwenden und ihre Hauptäste von den Spitzen der Sichel aus entsenden (siehe auch *Lenhossek* VIII Taf. I).

Noch bemerke ich, dass viele dieser Ependymfasern und Gliazellen an ihren Ausläufern eine grössere oder geringere Anzahl von Nebenfortsätzen, kurze Spitzchen, Knötchen, kleine ästige Ausläufer aller Art tragen, die ich geneigt bin, einem guten Theile nach für natürliche Bildungen anzusehen und den auch von *His* wahrgenommenen Seitenausläufern an die Seite zu stellen.

Bei älteren menschlichen Embryonen ändern sich nun die Verhältnisse der Stützsubstanz des Markes insofern, als einmal in der gesammten grauen und weissen Substanz Neurogliazellen von demselben Charakter wie beim Erwachsenen auftreten und zweitens die echten Ependymfasern mit Ausnahme der in den beiden Septen enthaltenen mit ihren äusseren Enden verkümmern. Wenigstens zeigen vollkommen gelungene *Golgi*'sche Präparate, in denen alle anderen Neurogliazellen vollkommen gefärbt sind, nichts mehr von diesen Fasern.

Fragen wir nun nach der Bedeutung und Entwicklung der zuletzt besprochenen mehr sternförmigen Zellen, so stossen wir auf grosse Schwierigkeiten. Nach den einen gehen diese Elemente ebenfalls aus der ursprünglichen ektodermalen Anlage des Markes hervor, während andere dieselben von fremden, von aussen in das Mark hineinwuchernden Zellen, Bindegewebszellen oder Leukocyten ableiten. Man vergleiche vor allem die Arbeiten von *Nansen* (Structure and combinat. S. 160), *Ramón y Cajal* (Nr. II S. 115), *mir* (Nr. III S. 32), *His* (Sächs. Ber.), *Retzius* (Nr. III S. 116), *v. Lenhossek* (Nr. VIII S. 95), *Vignal* (Développem. d. elements du syst. nerveux Paris 1889). Direkte Thatsachen, die für die eine oder andere Ansicht sprechen, fehlen und bin ich daher vor allem auf Gründe der Wahrscheinlichkeit und negative Beweise angewiesen, wenn ich die erstgenannte Hypothese vertheidige.

In erster Linie möchte ich die grosse Aehnlichkeit der bei Embryonen zuerst auftretenden *Golgi*'schen oder Gliazellen mit echten Ependymfasern betonen, die oben schon hervorgehoben wurde und mit Bestimmtheit aussprechen, dass bei diesen Elementen eine Abstammung von der Medullarplatte fremden Zellen im höchsten Grade unwahrscheinlich ist. Gehen wir weiter und fragen wir, ob in späterer Zeit irgend welche Thatsachen für eine Einwanderung von Mesodermelementen in das fötale Mark sprechen, so ist mit einem entschiedenen „Nein“ zu antworten. Ich habe bei jungen menschlichen Embryonen von der 4. Woche bis zum 4. Monate die weisse Substanz genau geprüft und hierbei, wie z. Th. oben schon erwähnt wurde, folgendes gefunden. An den hereinwachsenden Blutgefässen, die in erster Linie als *Art. spinales ventrales* und *dorsales* auftreten (Fig. 401 und *His*, Abh. d. sächs. Ak. Bd. 13 Nr. 6, Fig. 2) sieht man nie andere Elemente als diejenigen, welche die Gefässwand bilden. Ebensowenig zeigt die weisse Substanz Spuren einer Einwanderung von Zellen von aussen her. Dieselbe ist anfänglich einzig und allein von Achsencylindern und Ependymfäserchen gebildet und enthält keine Zellen. Solche treten jedoch sehr früh auf, früher als man bisher wusste. Schon bei dem Rückenmarke eines Embryo von 5 Wochen (Fig. 405) enthalten alle Theile der weissen Substanz mit Ausnahme der *Commissura ventralis* vereinzelte Zellen, welche das Charakteristische darbieten, dass sie fast ohne Ausnahme in der Nähe der grauen Substanz oder der Mantelschicht (*His*) sich finden, den oberflächlichsten Elementen derselben ganz gleichen und wie abgesprengte oder nach aussen geschobene Theile derselben erscheinen. Hie und da finden sich solche Zellen auch in den oberflächlichsten Lagen der weissen Substanz, aber nie fand ich dieselben an der Aussenfläche der das Mark umhüllenden zarten bindegewebigen Haut, welche die Anlage der Pia darstellt oder in derselben. Bei älteren Embryonen von 6, 7 und 8 Wochen und im 3. und 4. Monate werden nun diese Zellen immer zahlreicher, doch verwischen sich die Zeichen nie, die für eine Abstammung derselben von Elementen der grauen Substanz sprechen. Bei noch älteren Embryonen findet man an Karmin- und *Weigert*'schen Präparaten die gesammte weisse Substanz von dicht gedrängten Zellen durchzogen und ebenso in der grauen Substanz noch zahlreiche solche Elemente, welche im entwickelten Marke nicht mehr vorkommen, eine Thatsache, auf die ich schon früher aufmerksam gemacht habe (Nr. III S. 32) und aus welcher ich den Schluss ableitete, dass diese Elemente, die un-

möglich zu Nervenfasern oder Nervenzellen sich umbilden können, Gliazellen den Ursprung geben.

Diese Bildungszellen der Gliaelemente leite ich von anfänglich noch indifferenten Zellen der primitiven Markanlage ab, welche auch den Namen junge unentwickelte Spongioblasten führen könnten und kann ich somit jedenfalls die Sätze von *His* nicht unterschreiben, einmal „dass mit dem Auftreten der Epithel- und der Keimzellen schon von sehr früher Zeit ab die Anlagen für die später vorhandenen Elemente geschieden seien“ und zweitens „dass kein Grund vorliege, in dem einmal angelegten Markgerüste eine nachträgliche Vermehrung der Spongioblasten anzunehmen“ (Sächs. Ber. Bd. XV Nr. IV S. 333 und 360). Meiner Meinung nach sind die Keimzellen indifferente, sich vermehrende Zellen, die im Laufe der Entwicklung theils alle Neuroblasten, theils die peripheren Ependymfasern, theils die späteren Gliazellen liefern und füge ich hier noch bei, dass auch *Vignal* bei seinen offenbar mit grosser Sorgfalt angestellten Untersuchungen zu dem nämlichen Ergebnisse gelangt ist.

2. Neuroglia des ausgebildeten Markes.

Nach Beschreibung der Neuroglia der Embryonen, wende ich mich nun zum Erwachsenen und bemerke in erster Linie, dass bei diesem (ich habe vor allem den Menschen und die Säuger im Auge) die Stützsubstanz des Markes wesentlich aus den oben schon berührten sternförmigen Zellen (den *Golgi*'schen Zellen) und nur in geringem Grade aus Ependymzellen und Fasern besteht.

Was nun zunächst die Ependymzellen anlangt, so ist längst bekannt, dass dieselben bei Thieren an ihren dem Centralkanale abgewendeten

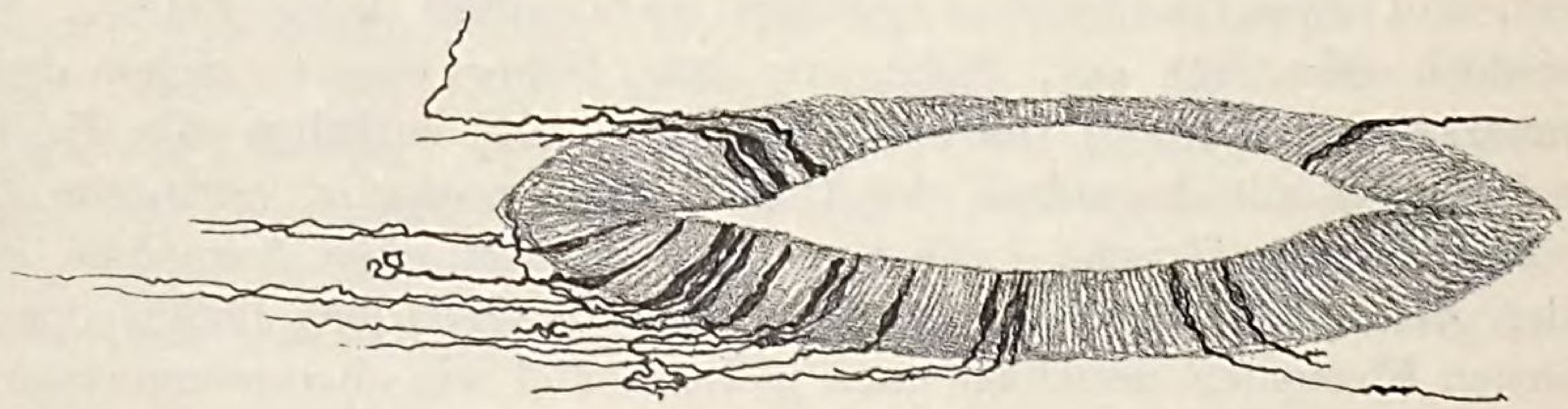


Fig. 411.

Enden in Fasern auslaufen, welche dann auch beim Menschen von mir beobachtet wurden (Fig. 412), doch haben sich die Enden dieser Fasern bis anhin nicht bestimmen lassen. Beim Menschen und beim Ochsen sah ich an Präparaten nach *Golgi* diese Fasern annähernd so, wie sie *Retzius* (Nr. III Fig. 6) vom 7 Monate alten menschlichen Fötus zeichnet (Fig. 411), doch gelang es mir in keinem Falle, beim Erwachsenen alle Ependymzellen gefärbt zu erhalten und ihre Ausläufer über den Bereich der grauen Kommissur hinaus

Fig. 411. Querschnitt des Centralkanales eines Ochsen mit einer Anzahl gefärbter Ependymzellen und ihren Ausläufern. Breite des Kanales 0,46 mm, Dicke des Ependyms 0,027 mm. (Methode von *Golgi*, mittlere Vergr.)

zu verfolgen. Ich vermuthe daher, dass die Ependymfasern beim Erwachsenen nur noch in sehr verkümmertem Zustande vorhanden sind und dass von einem Verlaufe derselben bis zur Oberfläche des Markes auch nicht von Ferne die Rede sein kann. Ebenso bin ich darüber ganz zweifelhaft geblieben, ob dieselben jetzt noch in Form der früheren Septa oder Ependymfaserkeile bis in den Grund der ventralen Spalte und bis an oder zwischen die Dorsalstränge sich erstrecken. Somit spielen beim erwachsenen Menschen und Säugethiere die Ependymfasern nur eine untergeordnete Rolle, während dies allerdings bei niederen Wirbelthieren der Fall ist, wie unten angedeutet werden soll.

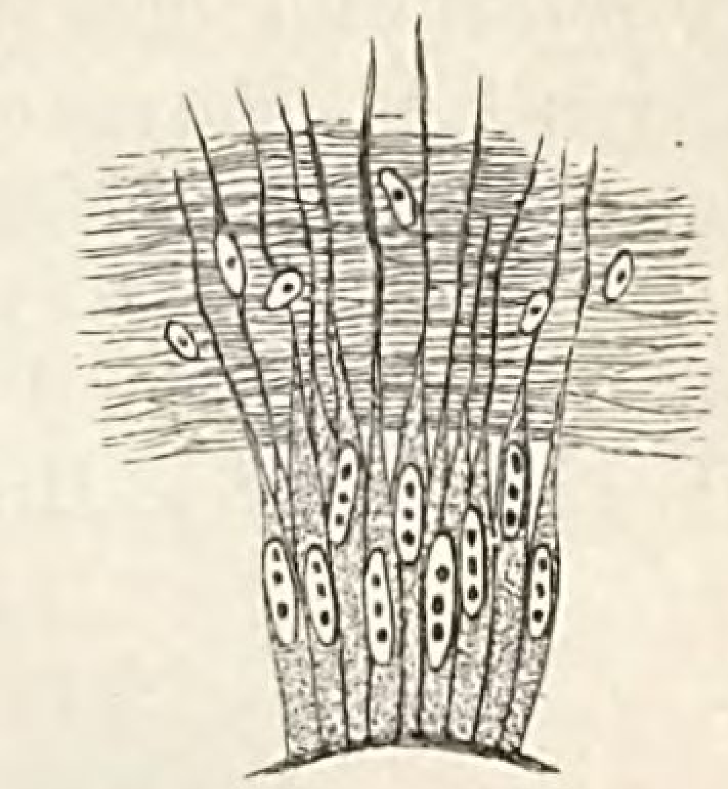


Fig. 412.

Noch füge ich bei, dass ich bei einem Kinde von $1^1/_2$ Jahren sehr schöne und z. Th. vollkommene Färbungen der Ependymzellen erhielt, von denen die Fig. 413 eine gute Darstellung giebt. Die Ependymfasern gingen jedoch auch hier nicht weit und zeichneten sich durch grosse Unregelmässigkeit ihres Verlaufes aus. An diesen Fasern kamen auch da und dort Verästelungen und feine Nebenästchen vor. Keine derselben verlief bis zum Grunde der ventralen Spalte und nur hie und da einzelne auf eine kurze Strecke zwischen die Dorsalstränge hinein.

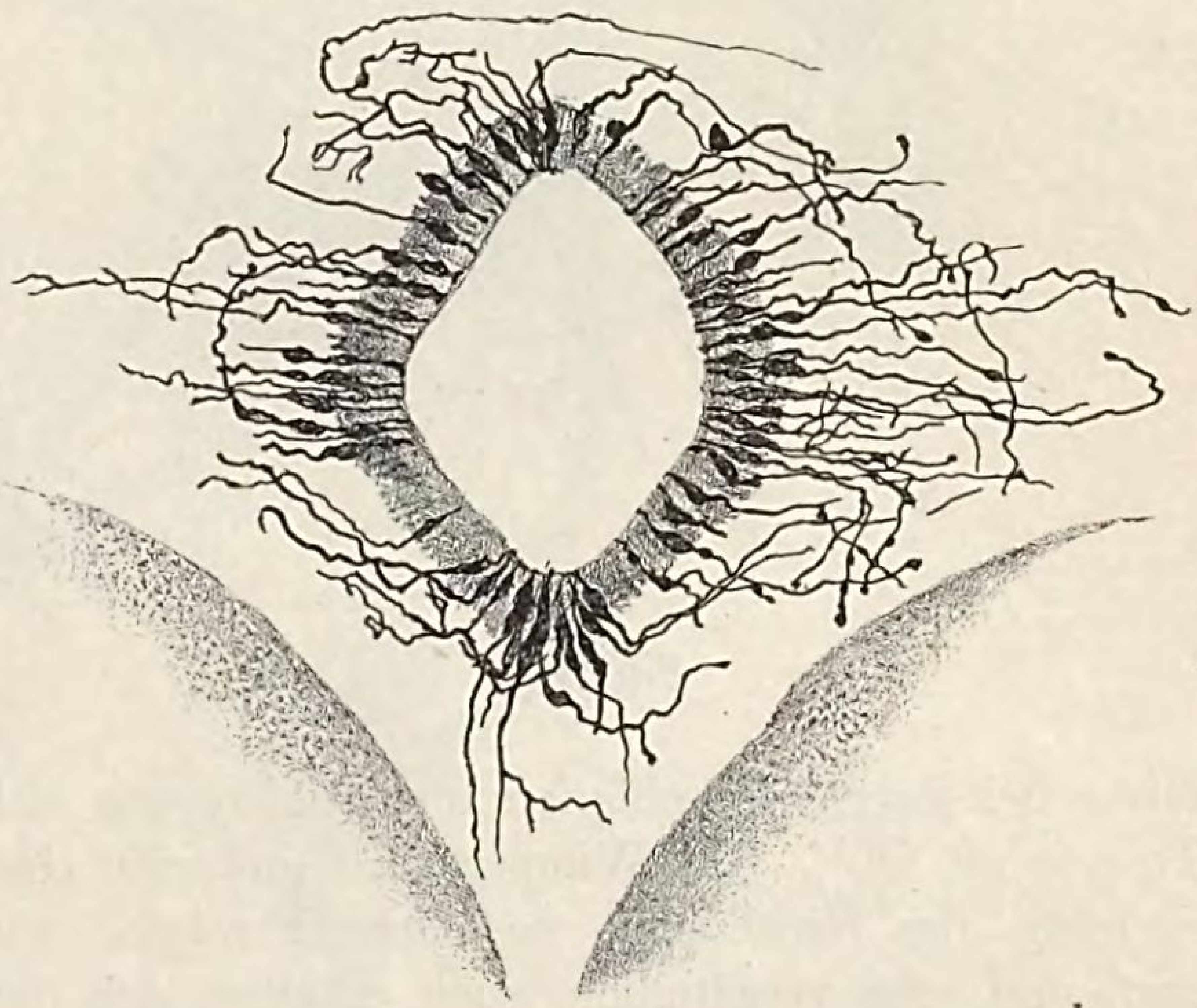


Fig. 413.

Hier ist nun auch der Ort, die **Flimmerung** des Ependyms des Centralkanales zu besprechen, die neulich *v. Lenhossek* bezweifelt hat (Nr. VII S. 49). Ich lege in dieser Frage kein Gewicht auf das Vorkommen von fadenförmigen Anhängen des Epithels an nicht frischen Präparaten, da solche ja, wie *v. Lenhossek* vermuthet, die Bedeutung von Cuticularbildungen räthselhafter Art haben könnten. Wohl aber sind alle Angaben von Beobachtern entscheidend, die an ganz

Fig. 412. Einige Epithelzellen des *Canalis centralis* des Menschen, 400 mal vergr. Die Flimmern sind nicht erhalten, wohl aber die fadenförmigen Fortsätze der Zellen, an denen jedoch keine Enden sichtbar sind. Aussen an den Zellenkörpern sieht man die Fäserchen der hinteren grauen Kommissur mit Kernen (Bindesubstanz) und eine spindelförmige Zelle, die einen Fortsatz gegen das Epithel hinsendet.

Fig. 413. Centralkanal eines Kindes von $1^1/_2$ Jahren mit vorzüglicher Färbung der Ependymzellen und Fasern. Die beiden Dorsalstränge angedeutet. Breite und Diameter dorso-ventralis des Kanales 0,23—0,25 mm (*Golgi*).

frischen Theilen die Flimmerung selbst gesehen haben. Als solche nenne ich, indem ich auch das Ependym der Hirnhöhlen dazu nehme: 1. die von *Valentin* und *Purkinje* über Flimmerung in den Hirnhöhlen des Fötus und Erwachsenen beim Menschen und vielen Thieren, auch im *Lobus olfactorius* und Marke (Repertor. von Val. 1836, pag. 156, Tab. I Fig. 27), 2. von *A. Hannover* in den Seitenventrikeln eines Kaninchenembryo, dem Gehirne und Marke von Froschlarven und jungen Fröschen (Rech. micr. pag. 23), 3. von *Leydig* in der 4. Hirnhöhle eines Hingerichteten, bestätigt von *H. Müller*, *Virchow* und *mir* (Würzb. Verh. Bd. V, S. 19), von *Virchow* in den Hirnhöhlen des Kaninchens (Arch. VI S. 37), 5. von *mir* im Centralkanale des *Filum terminale*, des Frosches (Zeitschr. f. w. Zool. Bd. 9 1858, S. 8) und am *Plexus chorioideus* von Kalbsembryonen (Würzb. Sitzungsber. Bd. IX S. LV), 6. von *Gerlach* im *Aquaductus Sylvii*, 7. von *Luschka* (SeröseHäute) an den *Plexus chorioidei* von Neugeborenen und hie und da auch bei Erwachsenen und von *Kupffer* im Marke junger Häringe (mündlicheMittheilung). Diese Beispiele genügen wohl, um die Flimmerung des Ependyms als sicher vorkommend hinzustellen, wenn auch zuzugeben ist, dass dieselbe vor allem bei jungen Geschöpfen und Embryonen sich findet und bei erwachsenen Thieren oft fehlt. Die Wimperhaare sind, wie eine soeben vorgenommene Untersuchung der Hirnhöhlen des Ochsen zeigte, wenn auch lang, doch äusserst zart, und sehr vergänglich, doch erhalten sich dieselben in gewissen Reagentien gut und sieht man sie oft recht deutlich an Karminpräparaten aus *Müller*'scher Flüssigkeit, an *Weigert*'schen und an *Golgi*'schen Präparaten.

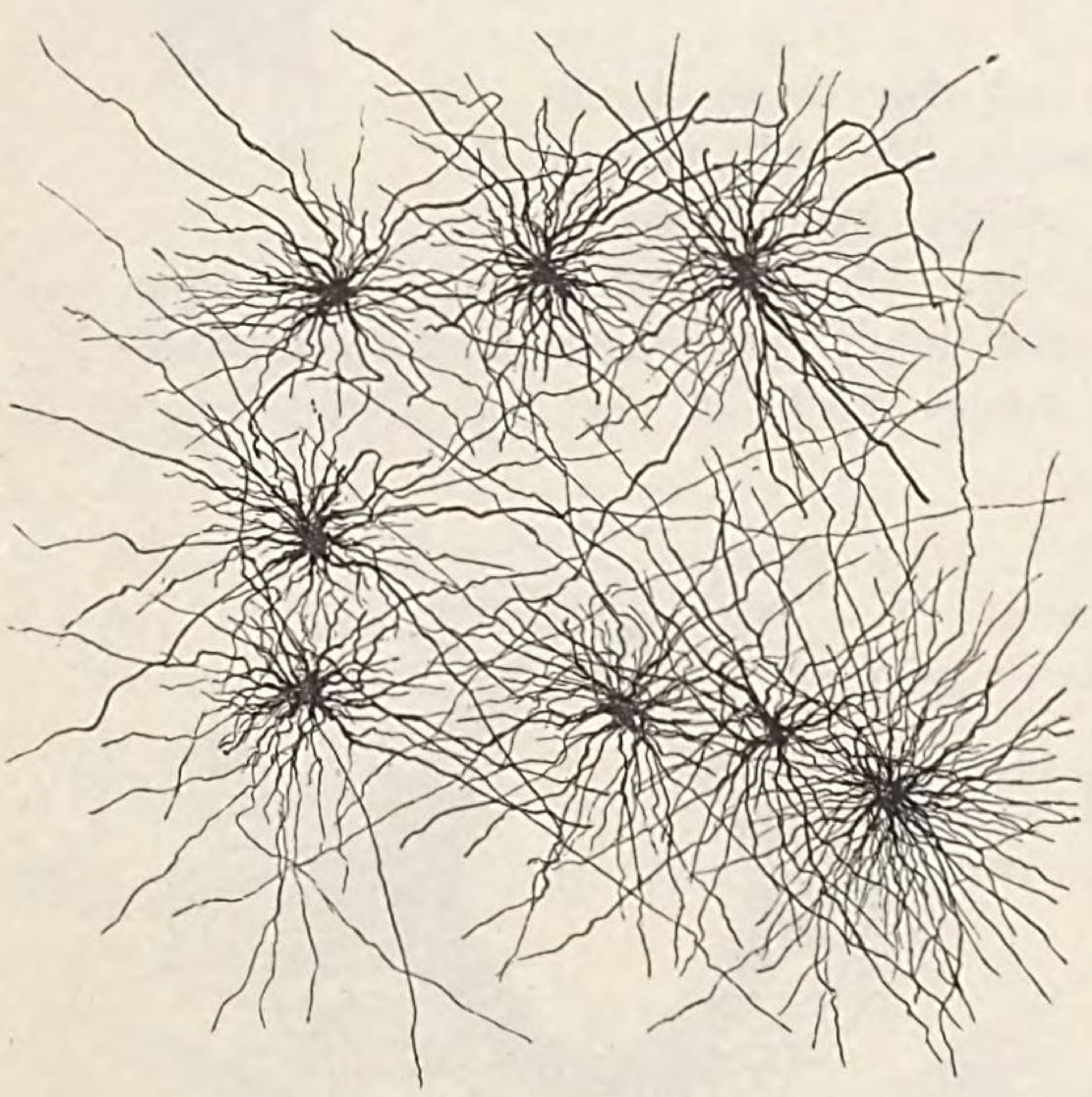


Fig. 414.

Zu den eigentlichen *Golgi*'schen Zellen (Fig. 414, 415) übergehend soll in erster Linie betont werden, dass dieselben in allen Theilen der grauen und weissen Substanz des Markes und auch des Gehirnes in reichlichster Menge vorkommen und mit ihren zahlreichen Ausläufern ein Gerüst bilden, welches zwischen allen nervösen Elementen durchzieht und für viele derselben, wie vor allem für die Nervenzellen, die stärkeren Nervenfasern und die Gefässe, besondere Hüllen und Scheiden darstellt. Ausserdem bilden diese Zellen auch besondere Umhüll-

Fig. 414. *Golgi*'sche Zellen (Langstrahler) aus der weissen Substanz der Hirnrinde des Menschen. Starke Vergr. (*Golgi*).

ungen grösserer Abschnitte des Nervensystems, wie z. B. des gesammten Rückenmarkes und vieler Theile des Gehirns, welche als Gliahüllen bezeichnet werden können.

Was nun zunächst die Formen der *Golgi*'schen- oder Gliazellen anlangt, so unterscheide ich, abgesehen von einigen besonderen Formen in gewissen Gegenden des Gehirns (im Cerebellum vor allem), die später besonders beschrieben werden sollen, zwei Varietäten: einmal Zellen mit kürzeren

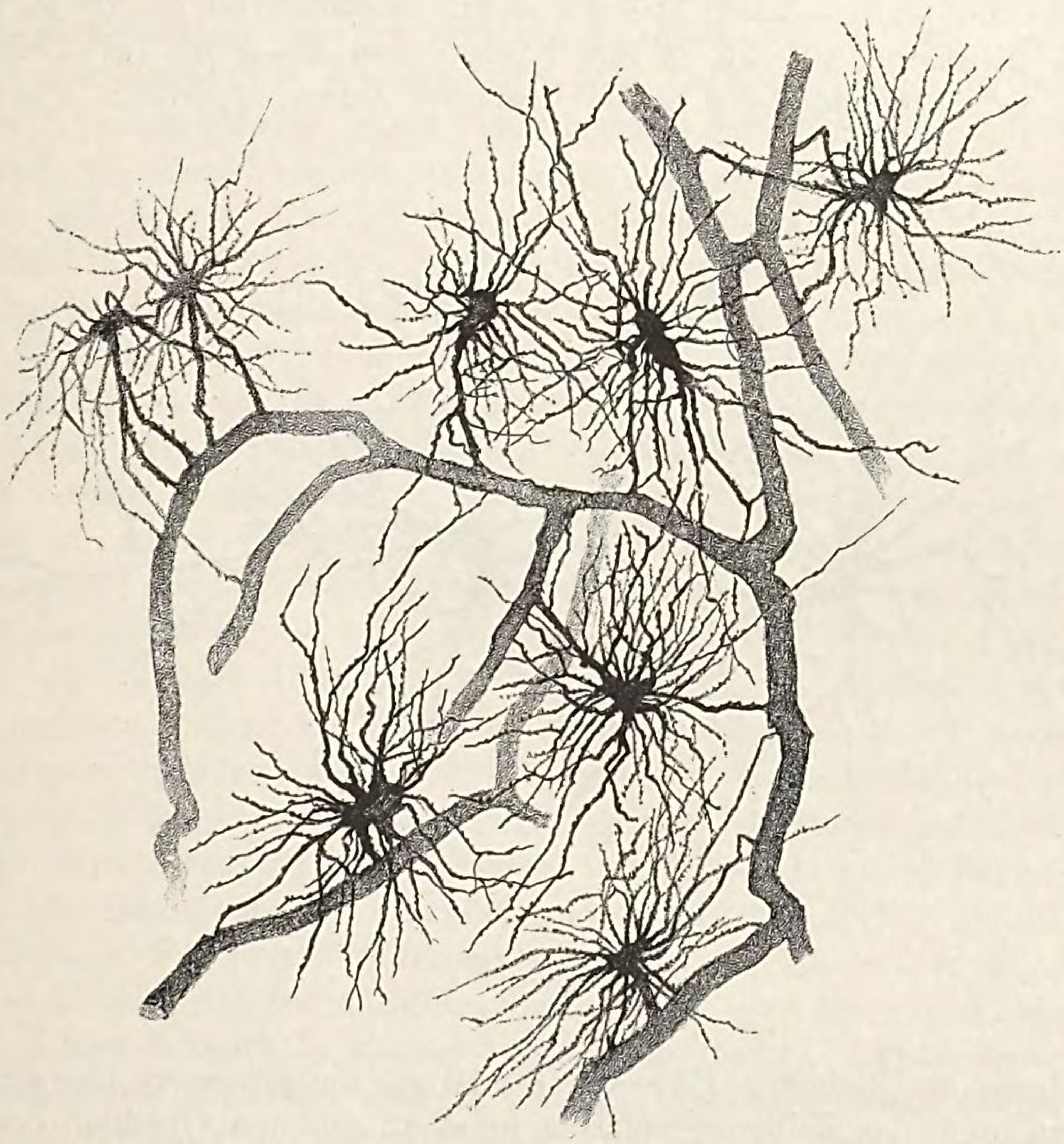


Fig. 415.

stark verästelten Ausläufern und zweitens Zellen mit sehr langen, wenig getheilten Fortsätzen, die Kurz- und Langstrahler heissen können. Obschon diese beiden Formen durch viele Uebergänge (Fig. 416) verbunden sind, so erscheint doch die Unterscheidung derselben um so mehr gerechtfertigt, als die Kurzstrahler (Fig. 415), wenn auch nicht ausschliesslich, doch vor allem in der grauen, die Langstrahler (Fig. 414) in der weissen Substanz sich finden. Die Körper der beiderlei Zellen-Formen sind nur insofern verschieden als ihre Gestalt bei den

Fig. 415. *Golgi*'sche Zellen (Kurzstrahler) aus den Hemisphären des Kaninchens, die verschiedentlich an die Gefässe sich ansetzen. Starke Vergr. (*Golgi*).

Kurzstrahlern im Allgemeinen in allen Richtungen sternförmig ist, bei den Langstrahlern dagegen mehr verlängert und auch meist stark abgeplattet, welche Abplattung jedoch auch bei den Kurzstrahlern nicht selten beobachtet wird. Nicht selten sind dreieckige, vier- und fünfeckige Zellen, auch Elemente von Pyramiden- und Spindelform kommen vor, und möchte ich ganz im Allgemeinen sagen, dass alle jene wechselnden Gestalten, die die multipolaren Nervenzellen auszeichnen, auch bei den Gliazellen vorkommen.

Die Durchmesser der Zellenkörper der Gliazellen betragen beim Menschen 8—10 μ, nach *Frommann* (I S. 36) 5—8—10 μ, nach *Golgi* im Marke die platten Zellen 20—35 μ mit Kernen von 6—10 μ, die mehr kugeligen Elemente 10—25 μ mit Kernen von 4—8 μ, bei Thieren nach *Gierke* beim Hunde 2—8 μ die kleineren Zellen, 6—15 μ die grösseren,

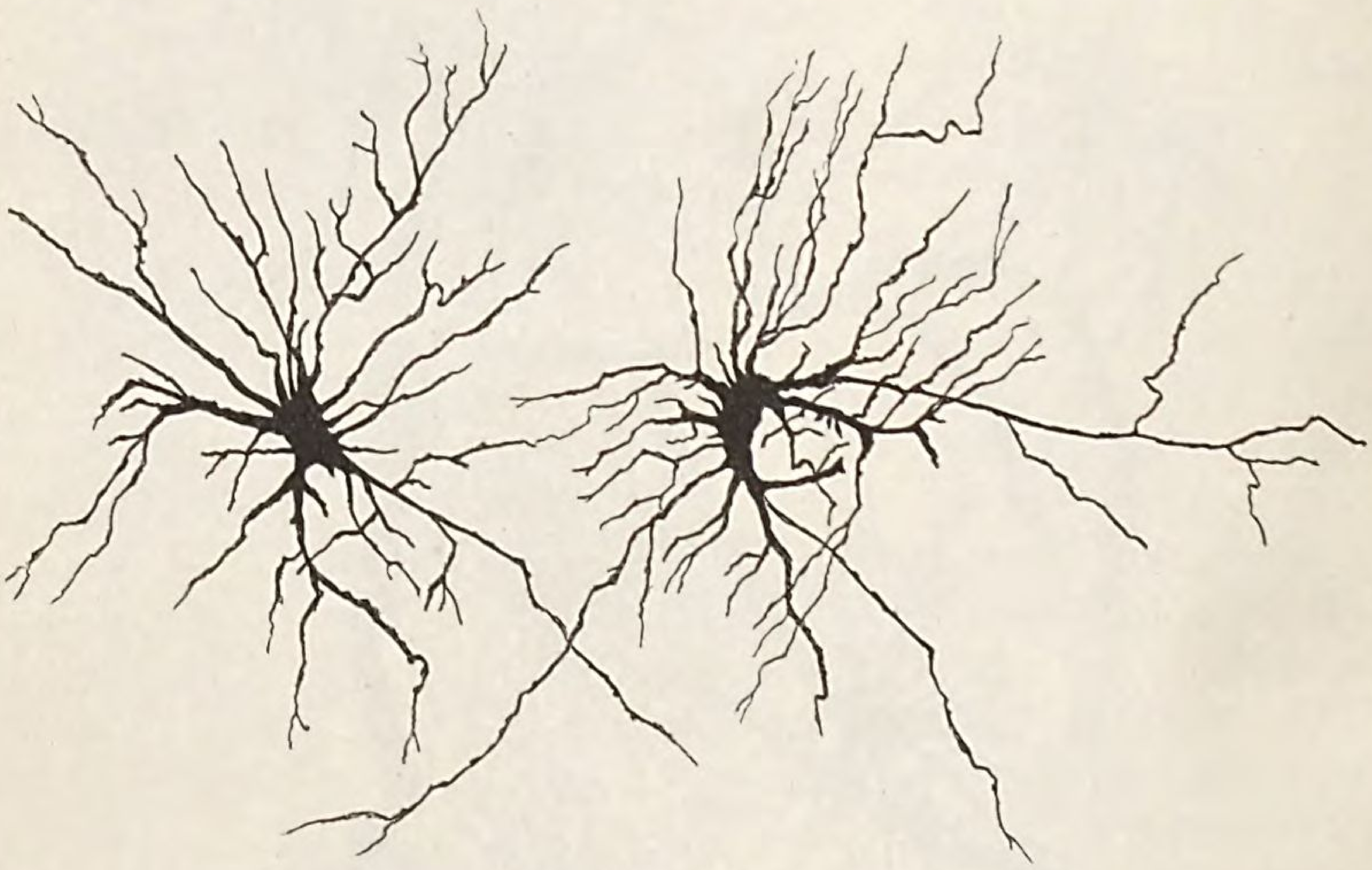


Fig. 416.

beim Ochsen die kleineren Elemente 3—10 μ, die grösseren 15—48 μ. Der Zellenkern und das Zellenprotoplasma muss an frischen Objekten oder an isolirten Gliazellen untersucht werden, und ist ersterer an Präparaten nach *Golgi* z. Th. gar nicht, z. Th. nur als heller Fleck in der schwarzgefärbten Zelle zu erkennen. An Gliazellen des Ochsen, die in dünner *Müller*'scher Flüssigkeit isolirt und mit Karmin gefärbt worden waren, fand ich das Protoplasma stets eigenthümlich glasig gleichartig und den Zellenkörper zwar scharf begrenzt, doch ohne Anzeichen einer besonderen Hülle. Doch ist hervorzuheben, dass bei gewissen Behandlungsweisen der Inhalt der *Golgi*'schen Zellen auch feinkörnig getroffen wird. Der Zellenkern von 4—6—8 μ mittlerer Grösse ist kreisrund, scharf begrenzt mit deutlicher Membran und enthält in der Regel sehr deutliche dunkle Körnchen in ziemlicher Zahl, unter denen meist kein

Fig. 416. Zwei Gliazellen (Uebergangsform) aus der weissen Substanz des Cerebellum des Menschen. Starke Vergr. (*Golgi*).

Nucleolus zu erkennen ist. Nicht selten ist der Kern von einem hellen, schmalen Hofe umgeben.

Alle Gliazellen haben Fortsätze, deren Zahl selten unter fünf, häufig 10—15—20 beträgt (Fig. 416) und in vielen Fällen ihrer grossen Menge halber (Fig. 415) gar nicht zu bestimmen ist (*Gierke* giebt 25 als Maximum an). Von diesen Fortsätzen, von denen ich in meiner Gewebelehre bereits in der 2. und 3. Aufl. seit 1855, besonders aber in der 4. Aufl. (1865), wie von den Gliazellen überhaupt die ersten genaueren Beschreibungen gegeben hatte, nahm ich früher an, dass dieselben alle untereinander anastomosiren und Netze bilden, in welcher Beziehung in der vor *Golgi*'schen Periode die meisten Beobachter, wie namentlich *Frommann* und *Gierke*, sich mir anschlossen. Der erste, der entschieden gegen Anastomosen der Gliazellen sich aussprach, ohne jedoch dieselben bestimmt zu leugnen, war *Deiters*, von dem auch die erste gute Abbildung einer solchen Zelle herrührt (Taf. II, Figg. 10 u. 11), doch gebührt unstreitig *Golgi* das Verdienst, diese bedeutungsvolle Frage voll erledigt zu haben (Contrib. alla fina anatomia d. org. centr. d. syst. nervoso, Bologna 1871/72), und nenne ich daher ihm zu Ehren mit anderen die fraglichen Elemente die *Golgi*'schen Zellen. Nach *Golgi* anastomosiren diese Zellen niemals und wird der Anschein solcher Verbindungen, wie er in der Fig. 190 meiner Gewebelehre (5. Aufl.) und in vielen Figuren von *Gierke* dargestellt ist, durch die Behandlungsweise erzeugt. Nach neu aufgenommenen Untersuchungen der Neuroglia erwachsener Geschöpfe (Mensch, Ochs, Schaf, Hund, Katze, Kaninchen) habe ich mich vollständig von der Richtigkeit der Angaben von *Golgi* überzeugt und zwar einmal an frischen Objekten und dann an solchen, die mit der *Golgi*'schen Silbermethode behandelt worden waren. Frische Objekte ergeben die besten Resultate bei folgenden Behandlungsweisen: 1. Einlegen in doppeltchromsaures Kali von 0,20—0,30 % auf zwei, drei bis vier Tage, dann Zerzupfen und Schütteln mit Wasser in einem Reagenzgläschen (*Golgi*). 2. Behandeln der Präparate mit verdünnter *Müller*'scher Flüssigkeit und nachherige Färbung mit karminsaurem Natron (*Ranvier*, *Vignal*, *ich*). 3. Behandeln mit *Alcohol absolutus* bei 30° R. drei bis vier Tage lang und Färbung feiner Schnitte in karminsaurem Natron (*ich*). Ausserdem sind auch die Methoden von *Ranvier* mit 1/3 Alkohol, Pikrokarmin und Osmium (De la Neuroglie in Travaux du laboratoire du Collège de France 1883) und von *Gierke* (S. 445 u. folgd.) zu empfehlen, der einer Lösung von neutralem chromsaurem Ammoniak, *Kali phosphoricum* und *Natrum sulfuricum*, je fünf Theile auf 100 Wasser, den Vorzug giebt und nach ein bis fünf Tagen die Stücke auf 20 Stunden in Karmin-Ammoniak färbt. Solche von frischem Materiale angefertigte Präparate geben durch nichts zu ersetzende Anschauungen über die eigentliche Beschaffenheit der *Golgi*'schen Zellen, ihrer Kerne und Fortsätze, stehen dagegen, wenn es sich darum handelt, die genauen Formen der Zellen und ihrer Fortsätze, sowie ihre Lagerung und Anordnung zu bestimmen, weit hinter der *Golgi*'schen Silberfärbung zurück. Allerdings ist zuzugeben, dass das Silber oft unreine Färbungen erzeugt, allein dieselben sind immer leicht als solche zu erkennen und reicht nichts an die Schönheit und Zierlichkeit mit Silber gefärbter *Golgi*'scher Zellen heran, wie das grosse Werk von *Golgi* an vielen Stellen zuerst nachgewiesen hat.

Ueber die Fortsätze der *Golgi*'schen Zellen ist nun weiter noch Folgendes zu bemerken. Dieselben entspringen sehr häufig verbreitert vom Zellenkörper und sind auch bei allen platten Zellen anfangs abgeplattet. Bei den Langstrahlern werden im weiteren Verlaufe alle Ausläufer zu drehrunden, feinen Fäden, deren Durchmesser diejenigen der feinsten sonst vorkommenden Elementartheile erreichen, die gröberen nur wenige Bruchtheile von 1 μ betragen und die feinsten nicht mehr messbar sind.

Fast ohne Ausnahme sind diese Fäden ganz gleichartig von Aussehen, auch stets ohne Varicositäten, doch meldet *Golgi*, dass in der grauen Substanz sowohl Gliazellen als deren Ausläufer auch feinkörnig vorkommen (l. c. Fig. 1 und 2). Die Länge dieser Gliafasern ist oft eine ganz erstaunliche. Schon *Gierke* mass solche von 0,5, 0,8, 1,0 mm und ich bestimmte im Rückenmarke noch erheblich längere, die beim Ochsen den halben Durchmesser des Seitenstranges und fast das ganze dorsale Horn hindurch verliefen. Die letzten Enden dieser Fasern laufen fein aus und zeigen, gewisse Ausnahmen abgerechnet, nur in dem Falle Verbreiterungen, wenn sie an Gefässe sich ansetzen, oder an Oberflächen ausgehen.

In Manchem von den Ausläufern der Langstrahler verschieden sind diejenigen der Kurzstrahler. Einmal sind dieselben viel unregelmässiger im Verlaufe und Aussehen, oft wie winklig gebogen, stellenweise dünner und wieder dicker und durch meist zahlreiche Verästelungen sich auszeichnend. Dann ist der Verbreitungsbezirk derselben ein beschränkter, ihre Dicke im Allgemeinen bedeutender und die Endigungen insofern verschieden, als dieselben nicht selten verbreitert an Gefässe sich ansetzen. In den einen Fällen sind dies Enden feiner Ausläufer, wie *Golgi* ein solches Verhalten zuerst bei einer Zelle zeichnet (l. c. Fig. 4), die vielleicht besser als langstrahlige bezeichnet würde, in anderen grobe, vom Zellenkörper bis zum Gefässe in gleicher Weise verlaufende Fortsätze, wie in meiner Fig. 415.

Hier ist nun auch eine eigenthümliche, von *Ranvier* aufgestellte Darstellung der *Golgi*'schen Zellen zu erwähnen. Nach diesem Autor sind die Gliafasern beim Erwachsenen keine Ausläufer der *Golgi*'schen Zellen, sondern entweder denselben nur angelegt oder durch das Protoplasma derselben hindurchziehend. Anders beim Embryo. Hier, bei einem Kalbsembryo von 0,14 m, zeigten die *Golgi*'schen Zellen anfangs keine Fortsätze, während bei Embryonen von 0,75 bis 0,95 m eine grosse Zahl der *Golgi*'schen Zellen sternförmig waren und lange Fortsätze besassen; doch stellten auch diese nicht wirkliche Fasern dar, sondern hatten noch die Beschaffenheit des Zellenprotoplasma und waren mit demselben verschmolzen (Sur les éléments conjonctifs de la moëlle épinière in Compt. rend. 1873 pag. 1299; de la Névroglie, ebenda 5. Januar 1882; Arch. de Phys. 15. Febr. 1883 mit Tafel und Travaux du labor. d'histologie du Collège de France 1883). Dem aus diesen Thatsachen für *Ranvier* sich ergebenden Schlusse, dass die selbständigen Gliafasern erst nach und nach sich entwickeln und mit den Bindegewebsfibrillen genetisch in Parallele gestellt werden können, stellt sich in erster Linie die von ihm selbst (l. c.) gefundene Thatsache, dass die Gliazellen des Gehirns des Erwachsenen nicht über das Stadium der echten sternförmigen *Golgi*'schen Zelle herausgehen, sehr störend entgegen. Ausserdem ist dieselbe aber noch aus manchen anderen Gründen zu

beanstanden, obschon dieselbe in neuester Zeit auch die Unterstützung von *Weigert* erhalten hat (Anat. Anz. 1890 Nr. 19), wie vor allem *Gierke* und *Golgi* (ll. cc.) nachgewiesen haben. *Golgi* namentlich hat, obschon er ganz genau die von *Ranvier* empfohlene Präparationsmethode anwandte, nicht die Ueberzeugung zu gewinnen vermocht, dass die *Ranvier*'schen Schilderungen berechtigt sind und macht namentlich auf eine Quelle des Irrthums aufmerksam, auf die auch ich grosses Gewicht lege. Bei den platten *Golgi*'schen Zellen erheben sich fast ohne Ausnahme aus der Fläche der Zellen platte Fortsätze, die dann in Ebenen, die mit denjenigen der Zellenkörper parallel ziehen, in zwei, drei und mehr Fortsätze auslaufen. Bei gewissen Einstellungen nun erscheinen diese Fortsätze mit ihrem Stammfortsatze als durch den Zellenkörper hindurchlaufende oder demselben aufgelagerte Fasern. Ferner bemerkt *Golgi*,

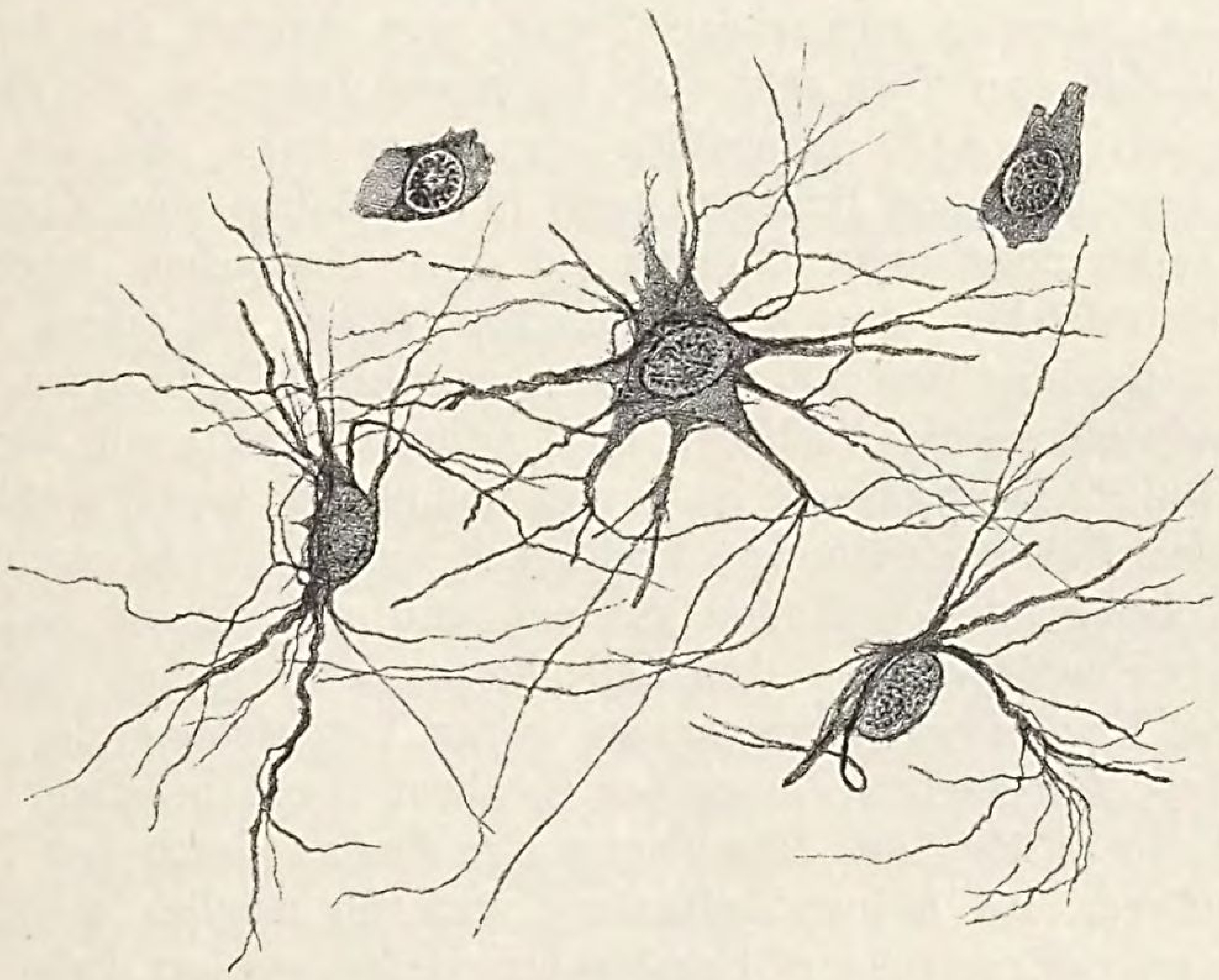


Fig. 417.

dass Falten der Ränder der platten Zellen ebenfalls für durchtretende Fasern gehalten werden könnten und betont endlich, dass der Ansatz vieler Ausläufer der Gliazellen an Blutgefässe auch gegen *Ranvier* zähle. Ich möchte dem beifügen, dass kurzstrahlige Zellen, wie die der Fig. 415, sehr entschieden für die Annahme von direkten Zellenausläufern und gegen jede Vergleichung mit Bindegewebsfibrillenbündeln sprechen.

Für *Ranvier* könnte man anführen wollen das von allen Beobachtern, besonders auch von *Gierke* und *Golgi*, wahrgenommene häufige Vorkommen von Zellenkörpern ohne Ausläufer an Zerzupfungspräparaten frischer Theile, welche für Reste von Zellenkörpern gehalten werden könnten, die von den von ihnen erzeugten Fibrillen sich gelöst haben. Es sind jedoch, wie *Golgi* hervorhebt, diese scheinbar freien Zellen (Fig. 417) um so seltener, je sorgfältiger

Fig. 417. Drei sternförmige *Golgi*'sche Zellen und zwei frei gewordene Zellenkörper derselben aus dem Marke des Ochsen. Behandlung mit dünner *Müller*'scher Flüssigkeit und mit Karmin. Starke Vergr.

die Objekte gehärtet werden. Was meine Erfahrungen über diesen Punkt betrifft, so bemerke ich, dass diese scheinbaren Zellenreste ihre wirkliche Natur dadurch deutlich zur Schau tragen, dass sie in allen Grössen, keineswegs verkümmert und in der mannigfachsten Weise mit kurzen Zacken oder breiteren platten Fortsätzen versehen, vorkommen, so dass klar ersichtlich wird, dass es sich nicht um verkümmerte Zellen oder Zellenreste handelt. Ferner muss ich sagen, dass solche freie Zellenkörper doch zu häufig und mit zu bestimmten Formen sich finden, als dass man sie nur für zufällig abgelöste Bestandtheile der *Golgi*'schen Zellen halten könnte und hat mir die Erwägung dieser Verhältnisse die Möglichkeit nahe gelegt, dass die *Golgi*'schen Zellen doch vielleicht nicht ganz richtig aufgefasst werden, wenn man sie einfach als sternförmige Zellen ansieht. Eine Prüfung vieler *Golgi*'scher Zellen ergiebt, dass dieselben sehr häufig wie aus zwei Theilen bestehen, einem Zellenkörper und einer demselben einseitig ansitzenden Platte, von welcher die Ausläufer abgehen. Im Profile erscheinen sehr viele *Golgi*'sche Zellen so wie die zwei kleineren Zellen der Fig. 417, namentlich die untere links, die die zwei Theile deutlich erkennen lässt und finde ich auch in der Arbeit von *Vignal* (l. s. c.) viele solche Zellen abgebildet. Gestützt auf diese Thatsachen, möchte ich nun die Hypothese aufstellen, dass die *Golgi*'schen Zellen aus einem Theile ihres Protoplasma einseitig eine mit Ausläufern versehene Platte erzeugen, welche anfänglich und solange die Ausläufer noch sich verlängern mit dem kernhaltigen Theile des Zellenprotoplasma innig und unmittelbar zusammenhängt, später jedoch in vielen Fällen eine andere Dichtigkeit und vielleicht auch eine etwas abweichende chemische Konstitution gewinnt und von diesem Zeitpunkte an unter gewissen Umständen von dem Zellenkörper sich trennen lässt. So aufgefasst, würde *Ranvier* wenigstens bei seiner Vergleichung der *Golgi*'schen Zellen mit den *Müller*'schen Fasern der Netzhaut Recht behalten, und ebenso könnte das, was er über das Durchlaufen der Fasern durch den Zellenkörper der Gliazellen sagt, bei meiner Auffassung auch für möglich gehalten werden, obschon ich von einem solchen Durchlaufen nichts gesehen habe und in der Deutung der Bilder, die *Ranvier* zu dieser Aufstellung veranlassten, ganz mit *Golgi* übereinstimme. *Ranvier* ist überhaupt geneigt, die Gliafasern als viel zu selbständig aufzufassen, indem er freie Enden derselben leugnet, und dieselben für unmessbar lang erachtet. Jedes *Golgi*'sche Präparat zeigt jedoch, wie ungenügend diese Anschauung ist, und finden sich ja an solchen Enden der *Golgi*'schen Zellen z. Th. ganz frei, z. Th. in grosser Anzahl an Blutgefässen (Fig. 415).

Hier schliessen sich nun am besten einige Bemerkungen über die chemische Beschaffenheit der Neuroglia an. Seit den Untersuchungen von *Ewald* und *Kühne* geht durch alle Darstellungen der Satz, dass die Neuroglia aus Neurokeratin bestehe. Vergleicht man damit die von den genannten Autoren gegebene kurze Schilderung, so ergiebt sich, dass dieselbe nur besagt, dass aus der grauen Substanz von Gehirn und Mark Neurokeratin zu erhalten sei, dass aber keinerlei Angabe und keinerlei Beweis vorliegt, ob diese Substanz aus der Neuroglia oder aus den markhaltigen Fasern gewonnen worden sei. Da nun die Neurogliafasern in verdünnter Kalilösung, die Neurokeratin nicht angreift, leicht löslich sind, so ist klar, dass dieselben nicht aus diesem Stoffe

bestehen. In diesem Sinne sprechen auch die Untersuchungen von *Weigert*, indem durch seine neue Färbmethode wohl die Neurogliafasern, nicht aber das sogenannte Neurokeratin der peripherischen Nerven gefärbt wird. Ferner haben *Weber* und *Waldstein* (Arch. de phys. norm. et path. 1882, Études histochimiques sur les tubes nerveux) in vollem Gegensatze zu *Ewald* und *Kühne* gefunden, dass die Gliafasern in Trypsin sich lösen. Im übrigen sind die Gliafasern doch nicht so zart, wie manche annehmen und lassen sich aus frischem Marke mit Leichtigkeit darstellen, wogegen allerdings die Zellen nicht isolirbar sind. Die Behauptung, dass dieselben in Wasser löslich seien, ist unrichtig.

Die Vertheilung und Anordnung der Neuroglia im Marke zeigt folgendes:

Erstens bildet dieselbe an der gesammten Oberfläche des Markes eine dünne Lage von 22—45 μ Dicke, die oberflächliche Gliahülle, von der ich schon vor Jahren zeigte, dass dieselbe ganz und gar aus sternförmigen Zellen besteht, welche mit ungemein zahlreichen Ausläufern einen sehr dichten Filz darstellen, in welchem das Verhalten der einzelnen Elemente, ob dieselben anastomosiren oder nicht, sich nicht mit Sicherheit nachweisen lässt. Mit der *Golgi*'schen Methode gelang es mir nur selten, die Gliazellen dieser Lage zu färben, dagegen stellen sich dieselben mit den oben angegebenen Methoden nicht unschwer dar und ergeben sich als kleinere und grössere Elemente mit Kernen von der *Golgi*'schen Form, und an gewöhnlichen Karminpräparaten erkennt man leicht, dass ihre Ausläufer vorzugsweise z. Th. der Oberfläche des Markes parallel, z. Th. radiär verlaufen. Von dieser oberflächlichen Hülle aus ziehen sich nun in Begleitung der Blutgefässe und z. Th. auch der Nervenwurzeln eine grosse Anzahl von Balken und Fasern in das Innere hinein, welche alle aus Neuroglia bestehen und Scheiden um die betreffenden Theile bilden, die bei den Nervenwurzeln auch zwischen die einzelnen Fasern sich erstrecken. Die *Golgi*'schen Zellen dieser radiären Strahlen sind in ihrer Mehrzahl in der Richtung derselben verlängert und senden neben tangential und longitudinal verlaufenden Fortsätzen ungemein lange solche parallel den Blutgefässen ab, die z. Th. bis in die graue Substanz dringen.

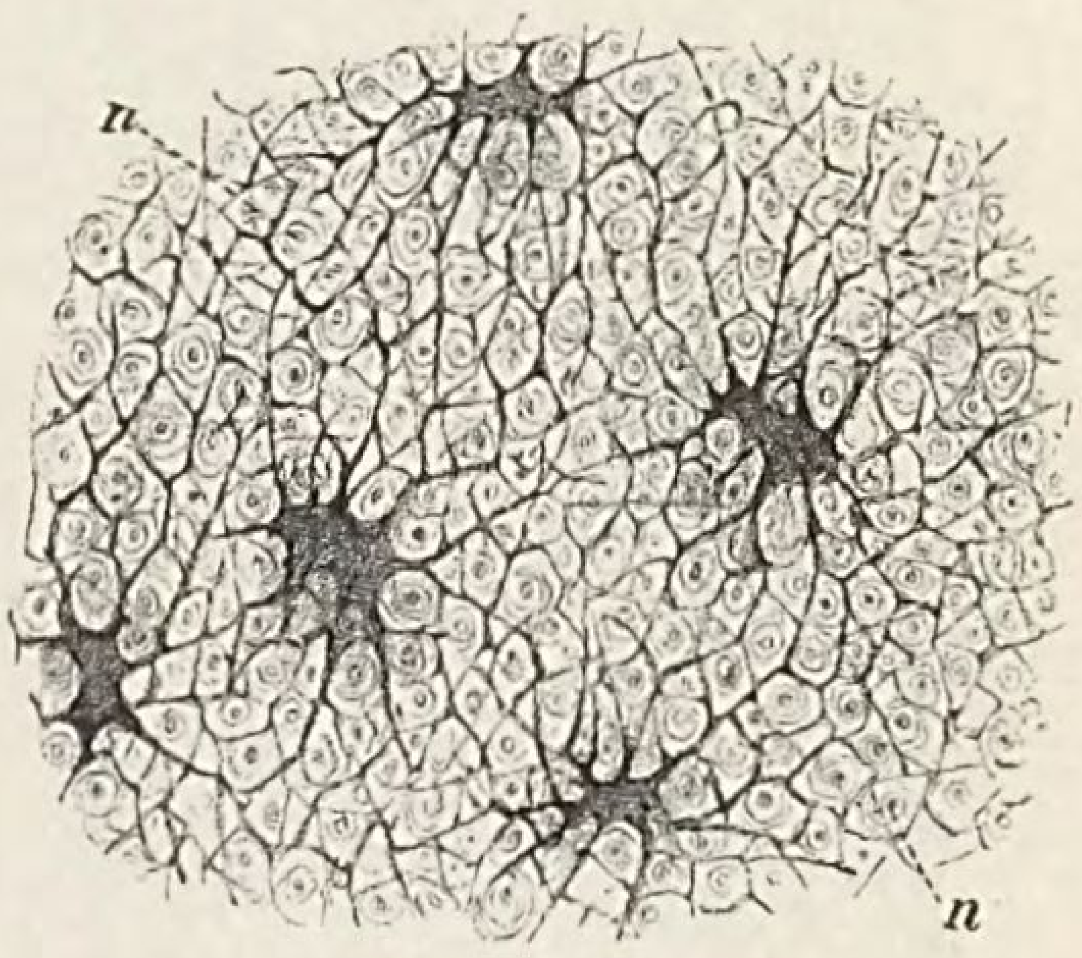


Fig. 418.

In den weissen Strängen stehen die *Golgi*'schen Zellen in longitudinalen Reihen, welche meist in geringen Abständen verlaufen und mit ihren Ausläufern wesentlich zwei Richtungen einschlagen, einmal die quere und zweitens die longitudinale. Die queren, rechtwinklig oder schief zum Verlaufe der Nervenfasern dahinziehenden Gliafasern gehen geschlängelt zwischen den Nervenfasern durch und um dieselben herum und umgeben sie von allen Seiten, so dass es an Querschnitten den Anschein gewinnt (Fig. 418), als ob jede Nervenfaser in

Fig. 418. *Golgi*'sche Zellen aus der weissen Substanz der Dorsalstränge des Menschen mit einem scheinbaren Netze alle Nervenfasern *n* umstrickend. Starke Vergrösserung (*Golgi*).

einer Masche des Glianetzes drin liege, welcher Anschein nun, nachdem Präparate nach *Golgi* ganz bestimmte Anschauungen gewährt haben, als trügerisch bezeichnet werden darf. Wo Gliazellen in der Nähe von Gefässbalken liegen, senden sie auch in diese radiär verlaufende Fortsätze hinein, die denen der in diesen Balken liegenden *Golgi*'schen Zellen sich zugesellen.

Noch entwickelter als die queren und schiefen Ausläufer der *Golgi*'schen Zellen der weissen Substanz sind die longitudinalen Fortsätze derselben, welche zwischen den Nervenfasern verlaufen und jedenfalls eine sehr grosse Länge besitzen. Durch die Verflechtung der longitudinalen, queren und schiefen Ausläufer der *Golgi*'schen Zellen entsteht nun durch die ganze weisse Substanz ein Flechtwerk, ähnlich dem Neuropilema von *His*, von einer solchen Dichtigkeit und Verwicklung, dass es ungemein schwer hält, ein Bild desselben zu geben und das auch die besten bisher vorliegenden Bilder von *Gierke* (Taf. XXI Fig. 10—14 Querschnitte und Fig. 15 Längsschnitt) und von *Frommann* (Taf. I Fig. 3, 4, 5) nicht erreichen. Meine Fig. 419 ist nach einem vorzüglichen Objekte gezeichnet und hat, wie ich glaube, den Vorzug, nicht schematisirt zu sein. — In Betreff dieses Gliagerüstes der weissen Substanz verdienen nun einige spezielle Punkte noch einer besonderen Erwägung. Die Körper der *Golgi*'schen Zellen schmiegen sich, wie jeder Querschnitt (Fig. 418) und auch Flächenbilder oft mit Leichtigkeit erkennen lassen, so an die Nervenfasern an, dass sie denselben entsprechend

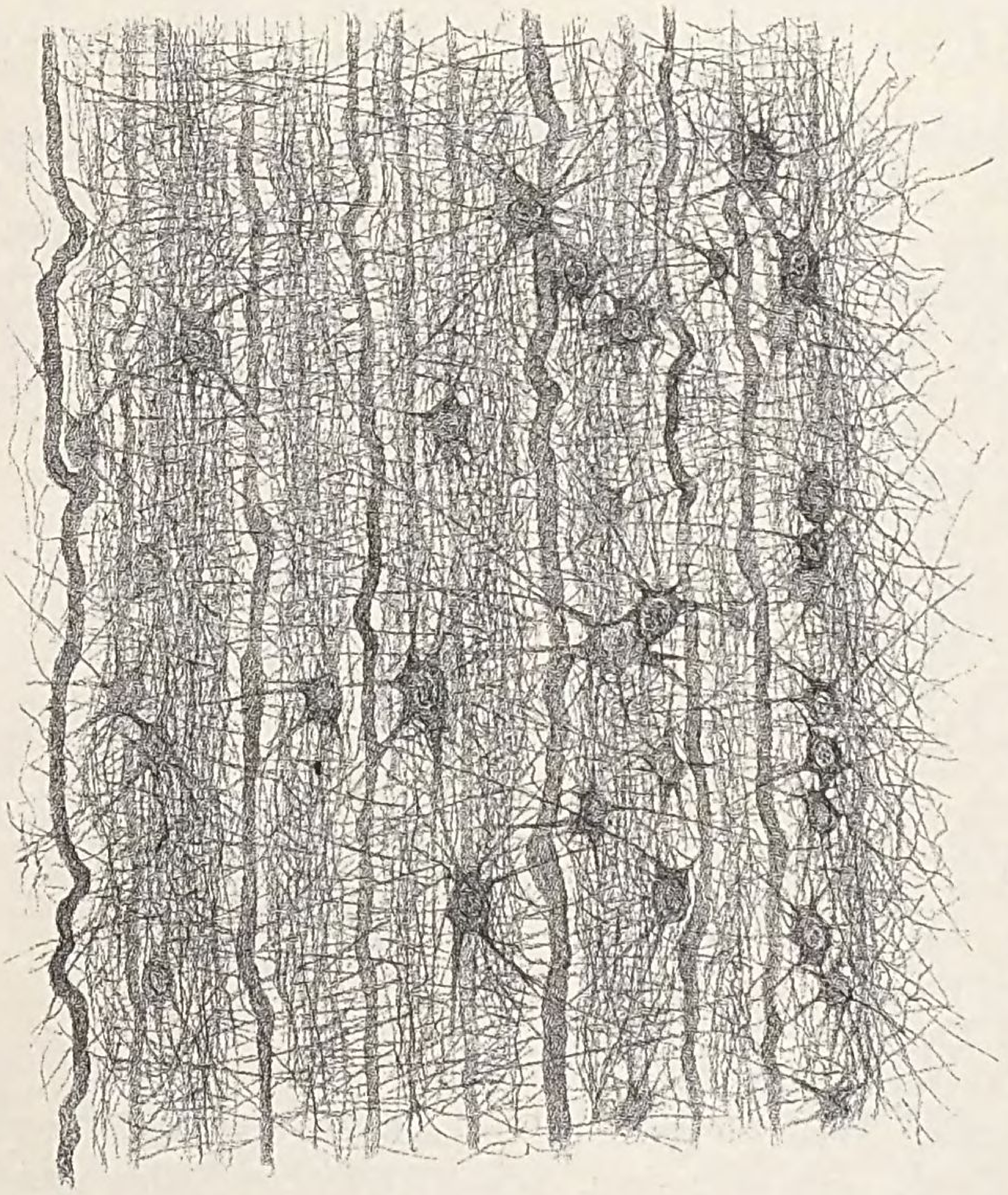


Fig. 419.

Fig. 419. Aus dem Marke des Ochsen, Längsansicht eines Theiles des Seitenstranges. *a* Achsencylinder der Nervenfasern. Die sternförmigen *Golgi*'schen Zellen, von denen eine frei liegt, senden nach allen Richtungen feine Fasern aus, die mit dichten Zügen die Nervenfasern umgeben. *Müller*'sche Flüssigkeit und Karmin. Starke Vergrösserung.

grubig vertieft und wie um dieselben herumgelegt sind und dasselbe gilt von den platten Ausläufern dieser Zellen, während die Endfasern selbst mit starken Biegungen zwischen den Elementen der weissen Substanz durchziehen. In dieser Weise gewinnen die *Golgi*'schen Zellen oft Gesammtformen der wunderbarsten Art und erinnere ich hier nochmals an die Täuschungen, zu denen diese „faces et crêtes d'empreinte“ Veranlassung geben können. Ausserdem möchte ich noch anführen, dass ich im Marke des Ochsen auch *Golgi*'sche Elemente mit zwei und drei ansitzenden kernhaltigen Zellenkörpern wahrgenommen habe, die an die von *Golgi* bei einem Gliom gefundenen mehrkernigen Gliazellen erinnerten (sui Gliomi del cervello in Rivista sperim. di Freniatria di Reggio Emilia 1873), obschon dieselben unzweifelhaft normale Bildungen waren.

Vor kurzem glaubt *Paladino* über die Stützsubstanz des Markes eines Plagiostomen, des *Trygon violaceus*, gefunden zu haben, dass dieselbe auch in das Innere der markhaltigen Nervenfasern eindringe und, z. Th. mit kernhaltigen Zellenkörpern dem Achsencylinder sich anlegend, die ganze Marksubstanz durchdringe und mit dem umliegenden Gliagewebe sich verbinde. Ich besorge, dass diese Angaben ebensowenig sich bewahrheiten werden, wie die am nämlichen Orte aufgestellte Behauptung, dass die Achsencylinder der Trygonnervenfasern durch Verschmelzung vieler Zellen entstehen (Monit. zool. italiano 1893 Nr. 2).

Die graue Substanz des Markes zeichnet sich durch das Vorwiegen von kurzstrahligen *Golgi*'schen Zellen aus, wie ich gestützt auf Präparate nach *Golgi* vom Menschen und des Ochsen behaupten darf; doch sind diese Zellen durch Silber nur schwer rein zu erhalten. Beim Ochsen, wo ich dieselben am schönsten sah, gleichen dieselben auf ein Haar denen der Fig. 415 und stehen auch sehr häufig mit Gefässen in Verbindung. Ueber die Menge dieser Elemente geben gewöhnliche Präparate mit guter Kernfärbung jeden wünschbaren Aufschluss und lehren, dass diese Zellen in allen Theilen der grauen Substanz in ziemlich gleicher Menge sich finden, in der *Substantia gelatinosa* ebenso gut, als in den ventralen und dorsalen Säulen und in der grauen Kommissur. Ich betone dies absichtlich, weil *Weigert* aus seinen neuen Färbungen der Gliafasern andere Schlüsse ableitet. Er fand blau sich färbende Fasern in ungemeiner Menge in der *Subst. gelatinosa centralis*, ziemlich reichlich im ventralen Horne, am spärlichsten in der *Subst. gelatinosa Rolandoi* und in den *Clarke*'schen Säulen. Ich erkläre mir dieses Ergebniss daraus, dass in der grauen Kommissur nicht nur Fortsätze *Golgi*'scher Zellen, sondern auch (siehe meine Fig. 413) die sehr zahlreichen Ausläufer der Ependymzellen mitgefärbt wurden.

§ 130.

Rückenmark von Thieren. Der Bau des Rückenmarks des Menschen und der Säugethiere kann nur dann richtig aufgefasst werden, wenn neben der Ontogenese desselben auch die Phylogenese herbeigezogen wird und halte ich es aus diesem Grunde für unumgänglich nöthig, hier auch das Wichtigste zu besprechen, was über den Bau dieses Organes vor allem bei den einfachsten Wirbelthieren sich ergeben hat. Wie wichtig solche vergleichend anatomische Darlegungen namentlich auch im Gebiete des Nervensystems sind, haben schon

seit langem die verdienstvollen Untersuchungen von *Stieda* und in neuester Zeit die von *Ahlborn, Edinger, Fritsch, Ganser, Goronowitsch, A. Meyer, Rabl-Rückhard, Rohde, Rohon* u. A. ergeben.

A. Rückenmark der Fische.

1. Amphioxus (Fig. 420—422).

Die Untersuchungen von *Stieda, Owsjannikow, Rohon, Rohde,* und *Retzius* vor allem haben über das so sehr merkwürdige Rückenmark dieses

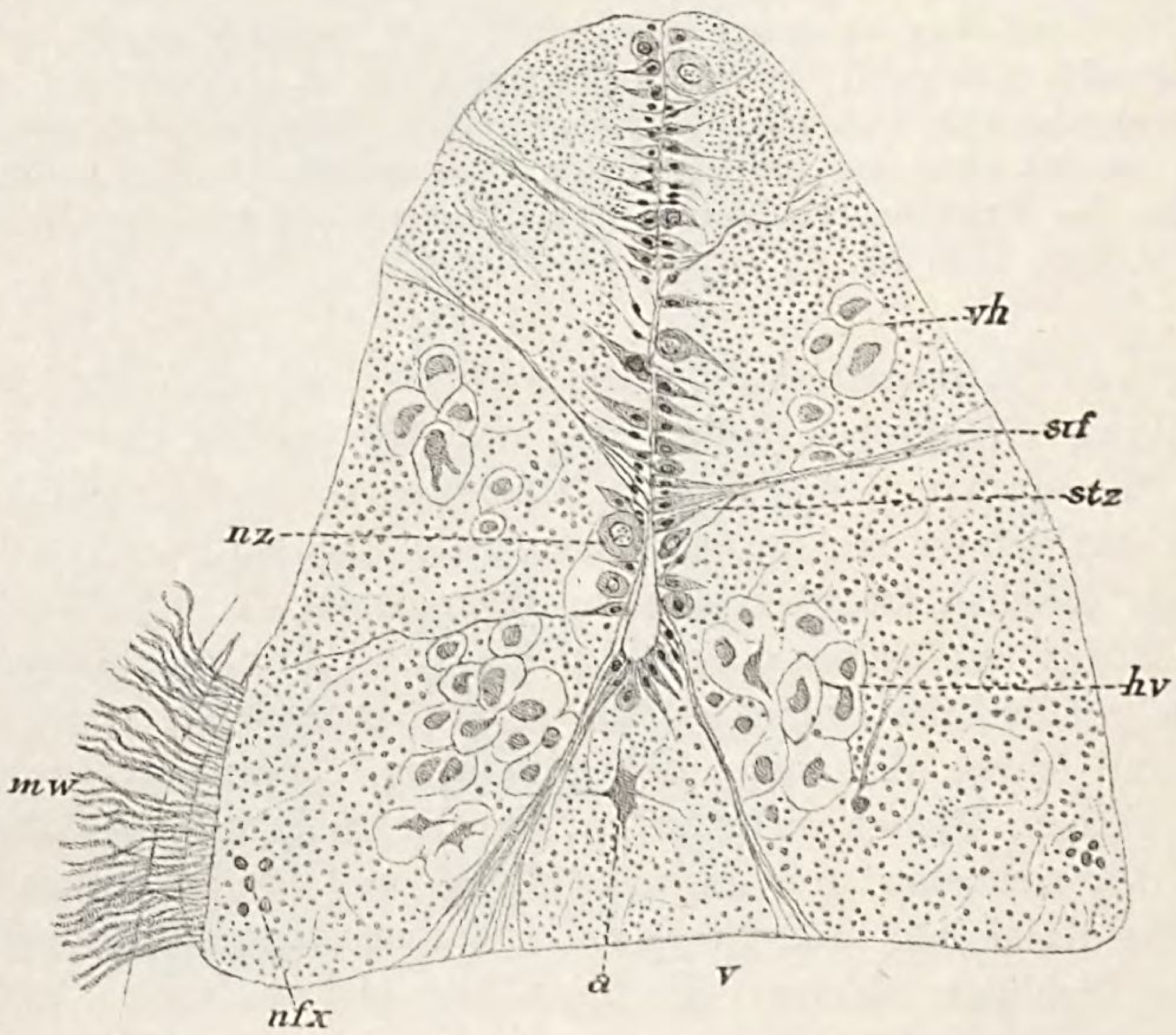


Fig. 420.

Thieres eine Reihe Ergebnisse von grösster Tragweite geliefert, deren wichtigste folgende sind:

Fig. 420. Querschnitt des Rückenmarkes von *Amphioxus* aus der mittleren Körpergegend, vergr., nach *Rohde* Fig. 31 a. Breite des Markes 0,22 mm, *Diam. dorso-ventr.* 0,17 mm in der Mitte (eigene Messung). *v* Ventralseite, *d* Dorsalseite des Markes, *a* unpaare kolossale Nervenfaser, durch Schrumpfung zackig geworden, *nfx* laterale Kolossalfasern, *hv* von der Schwanzseite nach der Kopfseite verlaufende Kolossalfasern, *vh* von der Kopfseite nach der Caudalseite verlaufende Kolossalfasern, *stz* Stützzellen (Ependymzellen), die *stf* die Stützfasern entsenden, *nz* Nervenzellen, von denen etwa 13 grössere und kleinere an beiden Seiten des an der Ventralseite weiteren, in seinem Dorsaltheile spaltenförmigen Centralkanales liegen, untermengt mit vielen z. Th. gleich beschaffenen Stütz- oder Ependymzellen, *mw* motorische Wurzel.

Das Rückenmark besteht wesentlich aus zwei Theilen, einem mächtigen oberflächlichen Ringe von weisser Substanz und einem schmalen, in dorso-ventraler Richtung verlaufenden Zuge von grauer Substanz. Dieser mediane Zug enthält einen im ventralen Theile offenen, im dorsalen Theile geschlossenen oder verklebten Centralkanal, dessen Wandungen theils von kleinen, in einfacher Lage gestellten Ependymzellen, theils von Nervenzellen gebildet werden, die zum Theil in der Reihe der Ependymzellen stehen, z. Th. von aussen an dieselben sich anlagern. Die Ependymzellen sind kegelförmige, kleine Elemente, die alle an ihrer Aussenseite in Fasern sich verlängern, von denen die einen unverästelt, oft bündelweise beisammen liegend die gesammte weisse Substanz durchziehen und an der Hülle des Markes endigen, die anderen sich theilend ein feines Flechtwerk bilden, das die nervösen Elemente umhüllt. Ausser diesen Ependymzellen und Fasern enthält das Mark von *Amphioxus* keine andere Stützsubstanz, keine Gliazellen (*Nansen, Rohde*) und stellt sich daher in dieser Beziehung als das einfachste von allen dar, wie *Nansen* zuerst hervorhob.

Die Nervenfasern von *Amphioxus* sind alle marklos, ohne Hüllen, somit nackte Achsencylinder, von denen die stärksten eine feine Punktirung durch Achsenfibrillen zeigen *(Rohde)*. Die Dicke und Vertheilung derselben anlangend, so finden sich im Dorsaltheile mit Ausnahme Eines Abschnittes (Fig. 420) ausschliesslich feinste Fäserchen, in der ventralen Hälfte des Markes dagegen kommen vorwiegend etwas gröbere Elemente und neben diesen dann noch eine gewisse Zahl von kolossalen Fasern vor, die das ganze Mark durchziehen und deren Durchmesser 11—19 μ beträgt (*Stieda*). Die stärkste dieser Fasern *(a)* ist unpaar, an der ventralen Seite des Centralkanales gelegen und misst bis zu 26 μ (*ich*), die übrigen zerfallen in drei Gruppen (*Rohde*), eine dorsale (*v h*) mit fünf Fasern links, sechsen rechts, einer ventralen medialen (*h v*) mit etwa 13—14 Fasern, von denen 7—8 stärker sind, und einer ventralen lateralen (*n f x*) von 5—6 Fasern. Im übrigen finden sich alle Uebergänge von den stärksten Fasern zu den andern.

Die Nervenzellen zerfallen ebenfalls in mehrere Arten. Die kleinsten (von 4—5 μ, *Stieda*) sind nur wenig grösser als die Ependymzellen, theils unipolar, theils bipolar. Die ersteren liegen fast stets in Einer Reihe mit den Ependymzellen und sind oft nicht leicht von denselben zu unterscheiden. Die bipolaren liegen z. Th. neben den Ependymzellen, theils so, dass sie mit ihrem Körper quer durch den Centralkanal verlaufen, was denselben, wenn der Kanal, wie in manchen Fällen, an den Schnitten ein, wie mir scheint, zufällig entstandenes Lumen darbietet, eine sehr eigenthümliche Lagerung giebt.

Die mittelgrossen Zellen (von 11—14 μ Länge, 8—11 μ Breite, *Stieda*) sind nur bi- und multipolar und stehen häufig in halber Höhe des Centralkanales in einer Reihe an beiden Seiten desselben.

Die merkwürdigsten unter den Nervenzellen sind die spindelförmigen, drei- oder viereckigen, stets multipolaren kolossalen Zellen, die im Mittel 28 μ lang und 14 μ breit sind, aber bis zu 57 μ Länge erreichen können (*Stieda*). Dieselben finden sich stets an der Grenze des dorsalen und mittleren Drittheiles des Centralkanals, quer durch denselben gelagert, so dass ihre Ausläufer in beide Markhälften ausstrahlen (Fig. 422 *F*) und der Nervenfortsatz in Eine der erwähnten Kolossalfasern übergeht *(Rohde)*.

Die erste dieser Kolossalzellen (Fig. 421) liegt dicht hinter der sechsten linken sensiblen Wurzel und entsendet die unpaare ventrale Kolossalfaser. Dann folgen in kurzen Zwischenräumen bis zur elften sensiblen Wurzel der rechten Seite elf kolossale Zellen, welche in die Kolossalfasern der dorsalen Gruppe (Fig. 420 *v h*) übergehen und abwechselnd auf die rechte und linke Seite des Markes treten, so dass rechts sechs und links fünf solche Fasern liegen. Zwischen der elften und der 39. sensiblen Wurzel fehlen Kolossalzellen ganz. Dann aber treten bis zur 61. sensiblen Wurzel in grösseren Zwischenräumen noch 14 Kolossalzellen auf, die wieder abwechselnd nach rechts und nach links die Kolossalfasern der ventralen medialen Gruppe (*h v*) abgeben. Die cranialwärts gelegenen zwölf Kolossalzellen schicken ihre Fasern alle caudalwärts, die am Schwanzende gelegenen 14 Kolossalzellen dagegen cranialwärts. Beiderlei Kolossalfasern, die centrifugal ebenso wie die centripetal verlaufenden, werden an ihren Enden nach und nach immer schwächer, bis sie sich unter den übrigen Nervenfasern nicht mehr verfolgen lassen, weshalb ihr Ende vorläufig nicht zu ermitteln war. Die centrifugalen Kolossalfasern fanden sich übrigens noch in der Gegend der 58. rechten sensiblen Wurzel, während die centripetalen in der Höhe der achten bis fünften sensiblen Wurzel verschwanden (*Rohde*). Bezüglich auf den Verlauf der Kolossalfasern sei noch erwähnt, dass alle mit Ausnahme der unpaaren von ihrer Zelle aus erst auf der Einen Seite ventralwärts sich wenden, hierauf ventral von der unpaaren Faser sich umbiegen und dann erst auf der entgegengesetzten Seite ihre typische Lage erreichen (Fig. 422 *f*).

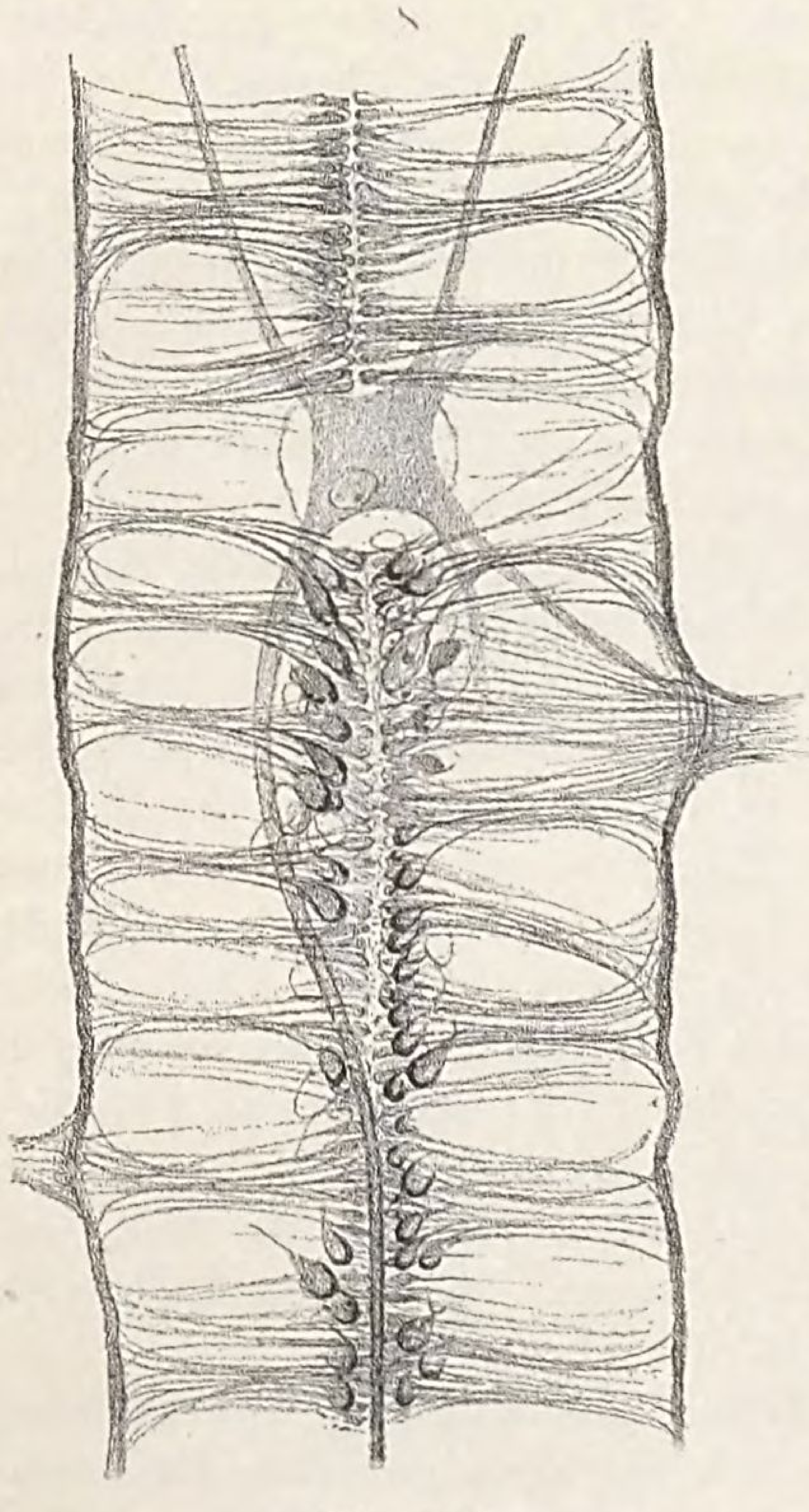


Fig. 421.

Von den kleineren Fasern der medialen ventralen Gruppe der Kolossalfasern, sowie von denen der lateralen ventralen vermochte *Rohde* den Ursprung

Fig. 421. Erste Kolossalzelle von *Amphioxus* (*Rohde*) mit dem Ursprunge der ventralen Kolossalfaser in dem Längsschnitte eines im Jahre 1842 von mir in Neapel gesammelten Thieres. An der Zelle waren 5 Fortsätze zu erkennen, ausser dem in die ventrale Kolossalfaser übergehenden, von denen der 3. links in die 7. sensible Wurzel zu verfolgen war (!). An den an der ventralen Seite des Markes gelegenen Pigmentzellen sind Ausläufer sichtbar, die wie Ependymfasern sich verhalten. Starke Vergrösserung. Ok. 3 S. VII eines *Leitz*.

nicht zu bestimmen, doch sah er am caudalen Ende des Markes noch zehn kleinere, ebenfalls durch den Centralkanal gelagerte multipolare Zellen, die zu kleineren Fasern der medialen ventralen Gruppe gehören könnten.

Der Vollständigkeit wegen sei nun noch erwähnt, dass im Gehirne von *Amphioxus*, einer einfachen blasenförmigen Erweiterung des Markes, zwei besondere Ansammlungen von Nervenzellen sich finden, eine an der dorsalen Seite des Hirnventrikels (*Rohde* Fig. 22) und eine an seiner ventralen (*Rohde* Fig. 23). Ausserdem verdient Beachtung, dass die Wand des Hirnventrikels wie ein mehrschichtiges Ependym besitzt (*Rohde* Fig. 21).

In Betreff des Ursprunges der sensiblen und motorischen Wurzeln hat *Rohde* keine sicheren Angaben, eben so wenig wie irgend ein anderer der früheren Forscher. Nun sind aber vor zwei Jahren die schönen mit Methylenblau angestellten Untersuchungen von *Retzius* als wesentliche Ergänzungen des bisher Ermittelten dazu gekommen und gebe ich noch das Wichtigste des von diesem Forscher Gefundenen.

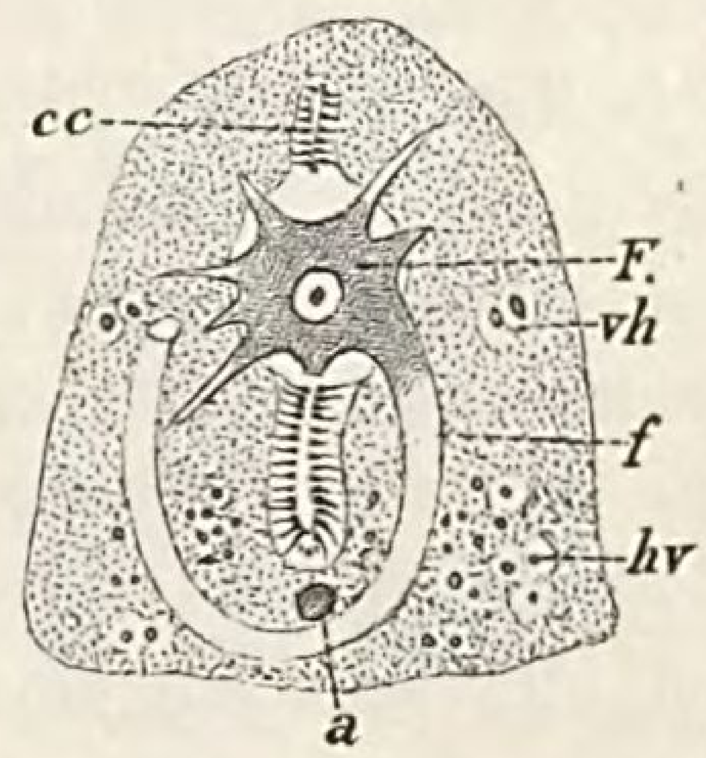


Fig. 422.

Die Kolossalzellen und -Fasern fand *Retzius* im Allgemeinen wie *Rohde*, nur gelang es ihm in vielen Fällen die Seitenfortsätze der ersteren zu reichen Verästelungen zu verfolgen (Tafel XI, XII, XIII). Diese Ausläufer betrachtet *Retzius* als Dendriten und nicht als Nervenfasern wie *Rohde*, der dieselben in Strangfasern übergehen lässt. Im Verlaufe der Kolossalfasern sah *Retzius* keine Collateralen und liefen dieselben zuletzt in feine variköse Fasern aus, deren Ende verborgen blieb. Von den kleineren Nervenzellen hat *Retzius* die wichtige Entdeckung gemacht, dass viele derselben einen Fortsatz in eine sensible Wurzel hineinsenden. Diese Zellen stehen quer und sind oppositipol bipolar. Meist senden sie nach der einen Seite einen Fortsatz in eine sensible Wurzel hinein, während ein Ast dieses Fortsatzes den Längsfasern sich anschliesst. So gewinnt es, wenn man die sensiblen Wurzelfasern gegen das Rückenmark zu verfolgt, den Anschein als ob dieselben wie bei höheren Thieren sich theilten. Der andere Hauptfortsatz dieser Ursprungszellen der sensiblen Wurzelfasern schliesst sich, auf der andern Seite des Markes entweder einfach oder getheilt den Längssträngen an (Fig. *D*). Auch reiche Verästelungen wurden an Ausläufern dieser Zellen beobachtet, ferner echt multipolare Elemente (Fig. *G*), z. Th. mit Stammfortsatz, der in eine sensible Wurzel zieht (Taf. XIV, Fig. 4). Noch andere bipolare, in der Längsrichtung stehende Zellen senden Fortsätze in die sensiblen Wurzeln und in die Längsstränge (Taf. XIV, Fig. 1 und 2).

Ist es so *Retzius* gelungen, die Ursprünge der sensiblen Fasern zu finden, so scheint er auch mit Bezug auf die motorischen Wurzeln etwas weiter

Fig. 422. Querschnitt des Markes von *Amphioxus* aus der Gegend der kolossalen Ganglienzelle F (*Rohde*, Fig. 27 a). Geringe Vergr. *F* Kolossale Zelle F, *f* Achsencylinder derselben in seiner Umbiegung zu einer der Kolossalfasern der Gruppe *vh*; *hv* und *a* wie bei Fig. 420, *cc* Centralkanal.

gekommen zu sein als seine Vorgänger. Er verfolgte dieselben von aussen her bis zu einem körnigen kleinen Hügel an den Seiten des Markes, in welchem sich deren Fasern wie mit Umbiegungen verloren. Fortsetzungen derselben waren nicht zu sehen, doch wäre es wohl möglich, dass Quer-Fäserchen, die vom Innern des Markes her an diese Hügel treten, mit denselben zusammenhängen (*Retzius*) und dass der ganze Verlauf der motorischen Fasern nur an Längsschnitten zu übersehen wäre.

Nach Schilderung der feineren Strukturverhältnisse des Markes des *Amphioxus* erübrigt nun noch, die allgemeinen Folgerungen zu betonen, die aus denselben sich ergeben.

In erster Linie erachte ich als sehr bedeutungsvoll die innigen Beziehungen, die zwischen dem Ependym des Centralkanales und den Nervenzellen des *Amphioxus* bestehen. Da dieses Ependym schon bei den Embryonen einschichtig ist, wie aus den Untersuchungen von *Hatschek* und *Kowalewsky* hervorgeht, und beim erwachsenen Geschöpfe viele Nervenzellen in einer und derselben Schicht mit Ependymzellen sich erhalten, während andere allerdings dicht an der Aussenfläche desselben liegen oder quer durch dasselbe hindurchziehen, so ist klar, dass zwischen den beiderlei Elementen kein tiefgehender Gegensatz besteht, mit anderen Worten, dass die embryonalen Ependymzellen das primitive Material bilden, aus welchem einerseits Nervenzellen, anderseits bleibende Ependymzellen hervorgehen, ein Satz, den auch *Rohde* hervorhebt und der zugleich ein Licht auf die höheren Geschöpfe wirft, bei denen ich, wie man sich erinnert, zu demselben Schlusse kam (§ 129).

Zweitens lehrt uns der *Amphioxus* den Fall als bleibend verwirklicht kennen, dass die Stützsubstanz einzig und allein aus typischen Ependymfasern besteht, ein Verhalten, das höhere Geschöpfe nur im ersten embryonalen Stadium zeigen.

Drittens und dies ist wiederum von grosser Wichtigkeit, ist *Amphioxus* das einzige Wirbelthier, dessen Bildungsmaterial der sensiblen Wurzeln keine Ganglien bildet und sich nicht vom Rückenmarke abgelöst hat, wie dies bei den anderen Geschöpfen nur im ersten embryonalen Stadium der Fall ist, ein Verhalten, das auch *Retzius* betont (S. 45). Und sollte sich beim *Amphioxus* ergeben, dass die Nervenzellen, die in sensible Fasern übergehen, dem dorsalsten Theile des Markes entsprechen, so wäre die Uebereinstimmung dieser Elemente mit denen der Ganglien- oder Nervenleiste der höheren Wirbelthiere eine noch grössere und würde sich zugleich der weitere Schluss mit Wahrscheinlichkeit begründen lassen, dass diese Leiste besser als Theil der Markanlage selbst, denn als ein Abkömmling des benachbarten Ektoderms aufgefasst wird.

Eine Deutung der von *Rohde* und *Retzius* ermittelten Einzelnheiten des feineren Baues des Markes jetzt schon vorzunehmen, ist eine zu gewagte Sache und wird ein solcher Versuch erst dann mit einiger Aussicht auf Erfolg sich unternehmen lassen, wenn dieses Organ mit der Methylenblaufärbung und vor allem auch mit der *Golgi*'schen Methode wiederholt und in allen seinen Theilen, namentlich auch im Gehirne, untersucht sein wird. Ich bitte es daher nur als eine Anregung zu weiteren Prüfungen anzusehen, wenn ich andeute, einmal dass die caudalen Kolossalzellen mit ihren gekreuzt in die Lateralstränge

der anderen Seite übergehenden centripetalen Kolossalfasern sehr an die Kommissurenstrangzellen der höheren Wirbelthiere erinnern und zweitens dass die gekreuzt centrifugal verlaufenden Kolossalfasern unwillkürlich das Bild der Pyramidenfasern wiederzugeben scheinen. Liesse sich bei künftigen Untersuchungen nachweisen, 1. dass neben den kolossalen centrifugal und centripetal wirkenden Zellen und Fasern auch noch kleinere und feinere solche Elemente in grösserer Zahl durch das ganze Rückenmark vorkommen, 2. dass die Nervenzellen der sensiblen Wurzeln durch Ausläufer die centripetal wirkenden Zellen umspinnen und 3. dass auch besondere motorische Ursprungszellen vorkommen, auf die Collateralen und Enden der centrifugalen Zellen und Fasern einwirken könnten, so wäre in manchen Beziehungen ein Verhalten wie bei den höheren Geschöpfen wahrscheinlich gemacht.

Ich kann nicht unterlassen, darauf aufmerksam zu machen, dass bei gewissen Wirbellosen (Polychaeten) kolossale Nervenfasern (auch Neuralkanäle genannt) vorkommen, denen, wie *Nansen* zuerst und nach ihm *Rohde* hervorgehoben hat, diejenigen von *Amphioxus* gleichzustellen sind. Alle diese von *Claparède* entdeckten und von *Leydig* zuerst genauer beschriebenen Kolossalfasern entspringen, wie *Spengel* und *Rohde* gefunden, von kolossalen Ganglienzellen und zeigen im Einzelnen Verhältnisse, die zum Theil in auffallender Weise mit denen von *Amphioxus* stimmen, wie bei *Sthenelais* nach *Rohde* (*Schneider*, Zool. Beitr. II Taf. VII Fig. 87), bei welcher Gattung ebenfalls Kolossalfasern vorkommen, die centrifugal und andere, die centripetal verlaufen. Besondere Beachtung verdient auch, dass nach *Rohde* bei *Sthenelais* die kolossalen Fasern, die hier einfach Achsencylinder darstellen, in gewissen Gegenden eine Menge Seitenästchen abgeben (Fig. 74, 84), die in die Scheide der Fasern eintreten. Auch an den Enden lösen sich nach *Rohde* die Kolossalfasern in feinste Fäserchen auf. Für weitere Einzelnheiten und das Historische über diese merkwürdigen Elemente verweise ich auf *Spengel*'s Arbeit über *Oligognathus Bonelliæ* und auf *Rohde*.

Litteratur über die nervösen Centralorgane von *Amphioxus*: *Owsjannikow* in Bullet. de l'Acad. de Pétersbourg T. 12 1868; *Stieda*, Ebenda Bd. 19 1873 mit 4 Taf.; *Langerhans* in Arch. f. mikr. Anat. Bd. 12, 1873; *Rolph*, Unters. über d. Bau d. *Amphioxus*, Habilitationsschr., Leipzig 1876; *A. Schneider* in Beiträge z. vergl. Anat. u. Entw. Berlin 1879; *Rohon* in Wien. Denkschr. Bd. 45 Abth. 2, 1882; *Nansen*, The Struct. and Combinat. etc. in Bergens Museum Arsberetting for 1886, Bergen 1887; *Rohde* in *Schneider*'s Zool. Beitr. Bd. 2 Heft 2, 1888; *Retzius*, Biol. Unters. II S. 29 Taf. XI—XIV.

2. Myxine, Petromyzon (Fig. 423, 424).

Das Rückenmark dieser beiden Gattungen stimmt in so vielen Punkten überein, dass es zweckmässig ist, dieselben zusammen zu behandeln.

Die äussere Form schon ist sehr eigenthümlich, im Querschnitte bandförmig, sehr breit und im *Diameter dorso-ventralis* im Mittel 4—5 mal schmäler (Fig. 423 und 424). Dieselbe Gesammtgestalt besitzt auch die graue Substanz, die einen langen schmalen Querstreifen darstellt, welcher nahezu die Seitenränder erreicht und wesentlich den Ventralhörnern entspricht. In der Mitte des Ganzen, jedoch der ventralen Fläche etwas näher, befindet sich ein runder oder länglichrunder kleiner Centralkanal, von welchem aus nach der dorsalen und ventralen Mittellinie bei *Myxine* ein ependymales Septum ausgeht, durch welches die weisse Substanz in zwei Hälften getrennt wird. An der Stelle der ventralen Spalte

findet sich eine mehr weniger tiefe Einbiegung und erscheint im Allgemeinen die ventrale Fläche eher konkav, die dorsale konvex. Die Nervenwurzeln treten an beiden Flächen etwas näher dem Rande als der Mitte heraus.

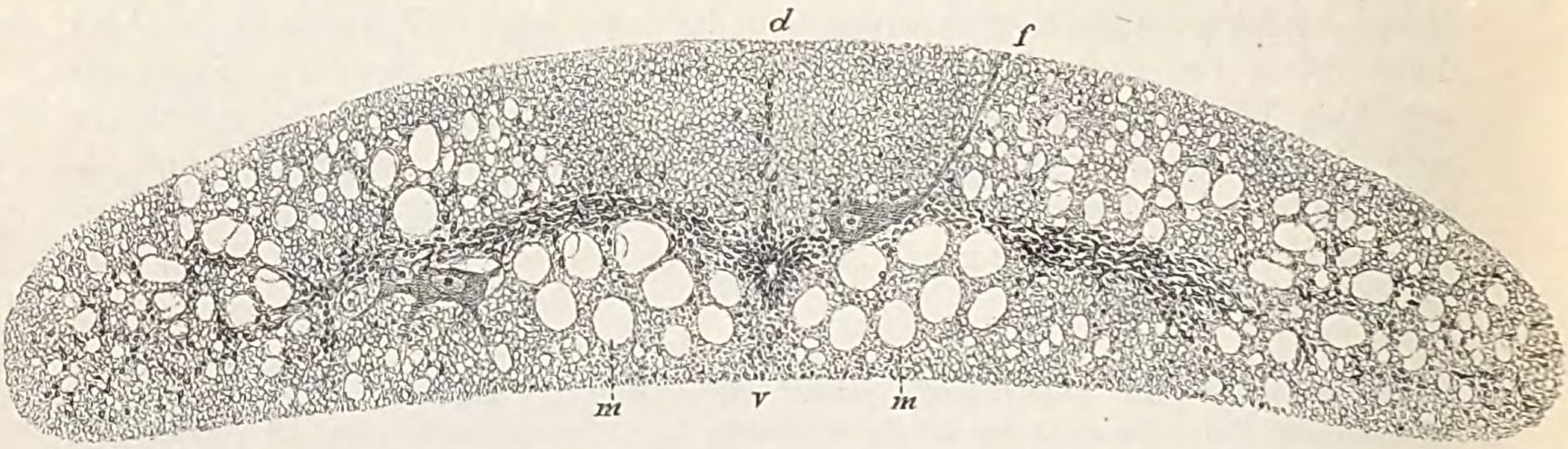


Fig. 423.

Bezüglich auf den feineren Bau, so besteht die weisse Substanz an der man, wenn man die Durchschnittsstellen der Wurzeln als Ausgangspunkt nimmt, ventrale, laterale und dorsale Stränge unterscheiden kann, abgesehen von der Neuroglia, aus marklosen Nervenfasern, unter denen, wie bei *Amphioxus* feine, mittelstarke und kolossale oder *Müller*'sche Fasern (v. *J. Müller* ent-

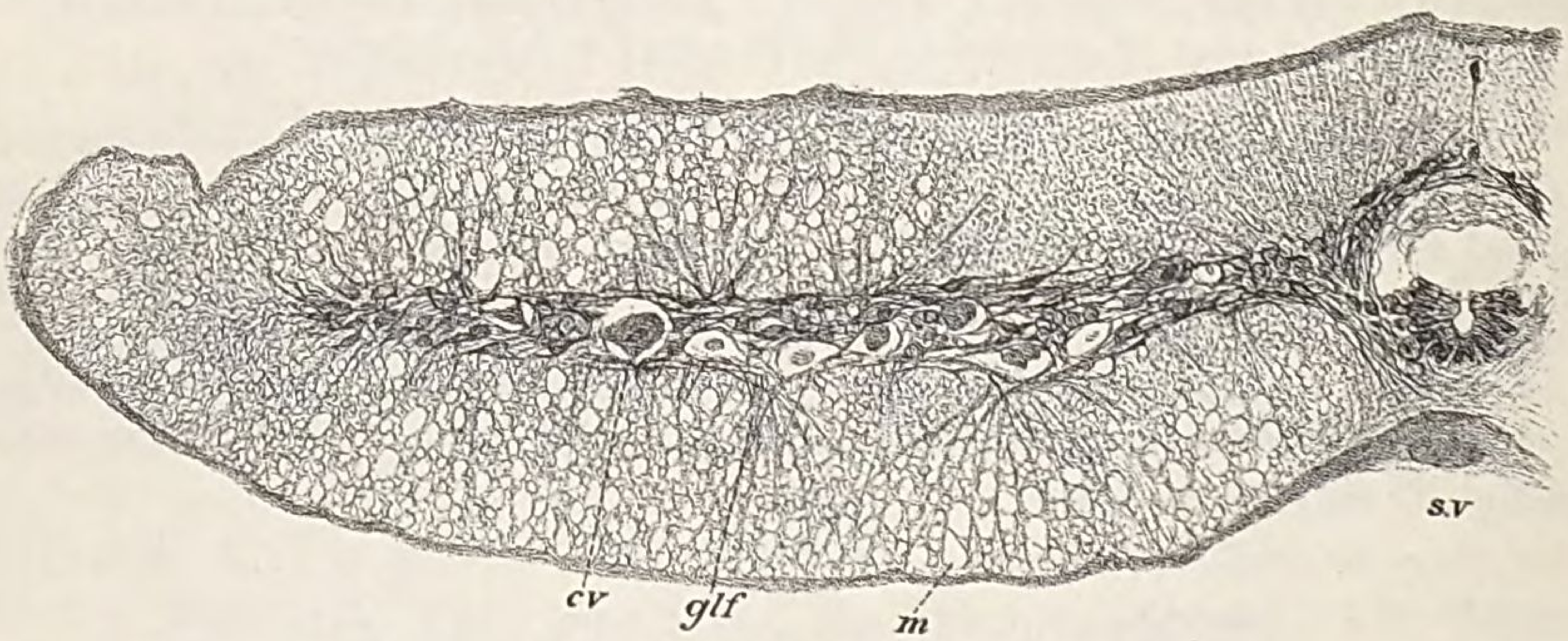


Fig. 424.

deckt) unterschieden werden können. Nach *Owsjannikow* ist der Durchmesser der *Müller*'schen Fasern bei *Petromyzon* im Schwanze 8,3 μ, in der Mitte 24 μ, vorn 49 μ, nach *Stilling* 73—112 μ. Die letzteren messen nach *Kutschin* bei *Petromyzon* 41—82, die feinsten Fasern dagegen 1 μ. Ich finde bei *Petro-*

Fig. 423. Rückenmark von *Petromyzon fluviatilis* quer. Natürliche Grösse 2,0 : 0,48. *v* Ventrale, *d* dorsale Seite, *f* Ausläufer einer *Freud*'schen Zelle, *m* *Müller*'sche Fasern.

Fig. 424. Hälfte des Rückenmarkes von *Myxine* quer. Natürliche Grösse 1,42 : 0,20 bis 0,22. *sv* *Sulcus ventralis*, *m* *Müller*'sche Fasern, *glf* Gliafasern, *cv* Ventralhorn der grauen Substanz mit vielen grossen und kleinen Nervenzellen.

myzon fluviatilis die Kolossalfasern 45—57 μ breit und zeigen dieselben, wenn gut erhalten und blass aussehend, ungemein deutlich feinste Achsenfibrillen. Die stärksten dieser Fasern finden sich bei *Petromyzon fluviatilis* in zwei Gruppen von etwa acht Fasern neben und an der ventralen Seite des Centralkanales doch so, dass je eine oder zwei Fasern dorsalwärts vom Kanale stehen. Der Seitenstrang enthält in seinem ventralen Abschnitte gewöhnlich zwei bis drei grössere solche Fasern und im dorsalen gewöhnlich eine ganz starke dicht am lateralen Theile der grauen Substanz und 5—6 weiter dorsalwärts, dagegen fehlen solche Elemente ganz und gar im dorsalen Strange, der in Folge dessen, an gefärbten Präparaten namentlich, einen eigenen Ton erhält und immer durch seine feine Punktirung sich unterscheidet. Ausser den Nervenfasern betheiligen sich bei dem Neunauge und bei *Myxine* an der Bildung der Stränge (der Name weisse Substanz ist eigentlich unpassend) noch folgende Elemente:

1. Gliazellen, von denen *Nansen* zuerst bei *Myxine* gute Beschreibungen und Abbildungen gegeben hat, die dann *Retzius* bestätigte und auch für *Petromyzon* als richtig nachwies. Die Gliazellen liegen alle in der grauen Substanz und senden ihre Fortsätze bald nur nach einer Seite, bald nach beiden Seiten (*Nansen* Fig. 103, 108, *Retzius* Fig. J) bis an die Hülle des Markes, so dass sie im letzteren Falle das ganze Mark durchqueren. Diese Ausläufer, die bei den medialsten Zellen in der ventralen Kommissur sich kreuzen (*Nansen* und *Retzius*) verästeln sich im Ganzen nicht häufig, bilden aber doch ein ungemein dichtes Flechtwerk um die Fasern der Stränge herum (*Nansen* Fig. 100). Bei *Petromyzon fluviatilis* und *marinus* finde ich ausser den genannten Gliazellen noch eine bedeutende Zahl solcher Elemente in den Strängen drin, die am zahlreichsten in den Seitensträngen im Anschlusse an die graue Substanz, dann in der Gegend des dorsalen Ependymseptum vorkommen, aber auch in den übrigen Gegenden und selbst in den oberflächlichsten Theilen nicht fehlen. Bei *Petromyzon Planeri* und *Myxine* vermisste ich dagegen diese Gliazellen der Stränge, die bis jetzt nur *Ahlborn* andeutungsweise gesehen zu haben scheint (pag. 247).

2. Fortsätze der Ependymzellen. Die den Centralkanal umgebenden Zellen senden, wie schon oben erwähnt, in das dorsale und ventrale Septum faserartige Fortsätze, welche die Oberfläche des Markes erreichen und von *Nansen* in seinen Fig. 93 und 95 von *Myxine* gut abgebildet wurden. Ausser den ventralen und dorsalen Ependymzellen senden auch die lateralen Ependymzellen Fasern ab, welche jedoch *Nansen* höchstens über einen Viertheil der Breite des Markes innerhalb der grauen Substanz zu verfolgen vermochte (Fig. 93, 94, 95, 102, 103). Bei *Petromyzon* hat schon *Reissner* die zwei Septa von Ependymfasern gesehen, meldet jedoch nichts von seitlichen Ausläufern der Ependymzellen. Ich finde bei *Petromyzon fluviatilis* und *marinus* das Ependym mehrschichtig, hatte aber noch keine Gelegenheit, an versilberten Präparaten die lateralen Ependymfasern zu untersuchen, von welchen bis jetzt nur eine Abbildung von *v. Lenhossek* vorliegt (Nr. VIII Fig. 15), der im Ganzen 7 Ependymfasern zeichnet, von denen zwei unverästelt die lateralen Ecken des Markes erreichten, eine andere mit Verästelungen an der Dorsalseite unweit des Randes endete.

3. Verästelungen der Protoplasmafortsätze der Nervenzellen. Auch diese Ausläufer wurden von *Nansen* bei *Myxine* entdeckt, bei welchem Geschöpfe dieselben äusserst zahlreich sind, bei allen Nervenzellen vorkommen und mit vielen ihrer Aeste die Oberfläche des Markes erreichen, wo sie mit kleinen Verdickungen enden, Beobachtungen, die auch *Retzius* (Taf. XV Fig. 2 und 3 und Fig. *J*) bestätigt. In manchen Fällen sendet eine und dieselbe Zelle ihre Dendriten die eine Gruppe nach der dorsalen, die andere nach der ventralen Oberfläche des Markes (*Nansen*, Fig. 93, 95, 105, 106). Bei *Petromyzon* hat *Retzius* einen ähnlichen Verlauf der Dendriten gefunden wie bei *Myxine* (S. 53).

4. Zu den Bestandtheilen der Stränge gehören auch da und dort Nervenzellen, wie *Reissner* meldet und in seiner Fig. 1 darstellt, die vor allem am lateralen Rande und in der Verlängerung der grauen Substanz sich finden.

Den Verlauf und Zusammenhang der nervösen Elemente im Marke der Cyclostomen betreffend, so verdanken wir das Meiste den Untersuchungen von *Nansen* und *Retzius*. *Nansen* entdeckte in den Spinalganglien bipolare und unipolare Zellen, bei welchen letzteren der Fortsatz in T-Form in einen centralen und peripheren Schenkel sich theilte, ferner fand er gabelförmige Theilungen der sensiblen Wurzeln beim Eintritte in das Mark und das Vorkommen von Collateralen an den longitudinalen Strangfasern, an denen auch feinere Verästelungen auf derselben und nach dem Verlaufe durch die Kommissuren auf der anderen Seite des Markes beobachtet wurden (Fig. 107, 111, 112), Verhältnisse, die grösstentheils von *Retzius* bestätigt wurden, der auch in den Ganglien Uebergänge von bipolaren und unipolaren Zellen nachwies (Biol. Unt. I), die *Freud* schon vorher bei *Petromyzon* gefunden hatte. In Betreff der Nervenzellen ergiebt sich bei *Petromyzon*, wo dieselben ihrer Grösse halber besser zugängig sind, als bei *Myxine*, folgendes. Grosse Zellen finden sich an zwei Stellen, als mediale dorsale Zellen und als laterale. Die medialen dorsalen Zellen liegen in der Nähe des Centralkanales an der dorsalen Grenze der grauen Substanz und finden sich grösser und kleiner in geringer Zahl, meist nur Eine in einem Querschnitte. An Längsschnitten ergiebt sich (*Freud*), dass auf den Bereich einer sensiblen Wurzel jederseits ungefähr 7—13 von diesen dorsalen medialen Zellen kommen. Diese Zellen nun, die mit ihrer Längsachse meist der Achse des Markes parallel verlaufen und meist bipolar, seltener tripolar erscheinen, sind dadurch berühmt geworden, dass dieselben nach den Untersuchungen von *Freud* ihren nervösen Fortsatz in die sensiblen Wurzeln senden (l. c. Fig. 1 und 2), womit zum ersten Male ein Ursprung von sensiblen Wurzelfasern im Rückenmarke nachgewiesen war. Doch ist nach *Freud* nicht daran zu denken, dass die Mehrzahl der sensiblen Fasern von diesen Zellen entspringt, da die sensiblen Wurzeln viel mehr Fasern enthalten, als mediale dorsale Zellen vorhanden sind. Schon vor *Freud* hatten *Langerhans* und *Reissner* (Fig. 6) solche Ursprünge vermuthet und *Kutschin* noch bestimmtere Angaben und bildliche Darstellungen vorgelegt (l. c. Fig. 1, 2, 5), doch gebührt unstreitig *Freud* das Verdienst, diese Angelegenheit festgestellt zu haben. Doch gelang es auch ihm nicht, nachzuweisen, was aus dem einen oder doppelten Fortsatze wird, den die betreffenden Zellen ausser der Wurzelfaser noch besitzen.

Ob bei *Myxine* solche sensible Ursprungszellen im Marke vorkommen, wie *Ransom* und *Thompson* gesehen haben wollen, ist zweifelhaft. *Nansen* behauptet, dass alle sensiblen Wurzelfasern aus den Spinalganglien stammen und beim Eintritte in das Mark sich theilen und dass Ursprünge solcher im Marke nicht vorkommen. Auch *Retzius* fand an seinen mit Methylenblau gefärbten Objekten alle sensiblen Wurzelfasern beim Eintritte in das Mark getheilt (Taf. XV Fig. 2, 3, 4) und ich bemerke, dass es mir bei *Myxine* nicht gelang, jene medialen dorsalen Zellen von *Freud* zu finden, die bei *Petromyzon* so deutlich sind (Fig. 423). *Retzius* dagegen zeichnet gerade in dieser Gegend mittelgrosse, drei und vierstrahlige Zellen, deren nervösen Fortsatz er jedoch in die Längsfasern der Stränge übergehen lässt (Taf. XV Fig. 2).

Die grossen lateralen Zellen von *Petromyzon fluviatilis* und *marinus* sitzen in den lateralen Ecken der grauen Substanz und sind multipolar. Von ihren Fortsätzen geht ein einfacher nervöser Fortsatz gegen die Ursprungsstelle der motorischen Wurzeln und wird, wie leicht zu sehen ist, zu einer motorischen Wurzelfaser (*Reissner*, *ich*). Die andern Fortsätze, die unstreitig alle Dendriten sind, sind bis jetzt bei dieser Gattung nur von *Retzius* verfolgt worden und verhalten sich wie bei *Myxine*. Bei *Myxine* sind diese lateralen Zellen z. Th. sehr gross (*Nansen* Fig. 98, *Retzius* Taf. XV Fig. 1, meine Fig. 424), z. Th. von mittlerem Durchmesser und multipolar (*Nansen*). Ursprünge motorischer Wurzelfasern von diesen Zellen sah *Nansen* (Fig. 106).

Ausser diesen beiden Zellengruppen findet sich bei *Petromyzon* noch eine dritte, welche die Gruppe der kleinen Zellen heissen kann. Dieselben nehmen die ganze Breite der grauen Substanz vom Centralkanale bis zu den grossen lateralen Zellen ein und sind meist bipolar und tripolar, z. Th. auch multipolar. Die Zellkörper stehen meist quer und die von denselben ausgehenden Fortsätze verlaufen theils quer an der dorsalen und ventralen Seite des Centralkanales auf die andere Seite und betheiligen sich wesentlich an der Bildung einer *Commissura ventralis* und *dorsalis*, z. Th. ziehen dieselben lateralwärts (s. *Kutschin*, Figg. 6, 7). An der *Commissura ventralis* betheiligen sich übrigens auch Ausläufer der grossen lateralen Zellen (*Kutschin*, Fig. 1, *Reissner*, Figg. 1, 2, 3). *Myxine* zeigt dieselben Zellen in gleicher Form in grosser Anzahl und zeichnen *Nansen* und *Retzius* an denselben theils oberflächliche, theils tiefe Dendritenbüschel und die Mitte kreuzende Fasern, z. Th. mit gabeligen Theilungen.

Nervenzellen von *Golgi*'s II. Typus, die *Nansen* bei *Myxine* in Menge gefunden haben will, bezweifelt *Retzius* oder hält dieselben wenigstens nicht für hinreichend sicher festgestellt.

Zum Schlusse sei nun noch bemerkt, dass alles bisher bei *Myxine* und *Petromyzon* Beobachtete nicht genügt, um sich ein Bild über die Leitungsverhältnisse und physiologischen Leistungen des Markes dieser Geschöpfe zu machen. Am räthselhaftesten sind wohl die kolossalen Nervenfasern. Obwohl dieselben sehr an diejenigen von *Amphioxus* erinnern, so weichen sie doch dadurch ab, dass, so viel man bis jetzt weiss, ihre Ursprünge bei *Petromyzon* in der *Medulla oblongata* gelegen sind (*Langerhans*, *Ahlborn*). Der letzte Autor unterscheidet 1. laterale ungekreuzte, 2. mediale gekreuzte und 3. mediale ungekreuzte Fasern. Die lateralen Fasern hängen mit Zellen des unteren Acusti-

cuskernes zusammen, die nach der andern Seite eine Faser der unteren Acusticuswurzel entsenden. Eben so verhalten sich die medialen gekreuzten Kolossalfasern, nur dass dieselben mit der oberen Acusticuswurzel sich verbinden. Diese eigenthümliche Verbindung mit dem *Acusticus*, von der *Langerhans* schon Andeutungen gesehen hat (Taf. X, Fig. *u*), fehlt nach *Ahlborn* wahrscheinlich bei den medialen ungekreuzten *Müller*'schen Fasern, die mit ganz kolossalen Ganglienzellen (von 0,1 mm Durchmesser mit Kernen von 20 μ, *Langerhans*) zusammenhängen. Diesem zufolge gehört wenigstens ein Theil der *Müller*'schen Fasern dem *Acusticus* an und stellt eine absteigende (aufsteigende) Wurzel dieses Nerven dar, deren Endigungen im Marke zu suchen wären. In Betreff dieser Enden ist jedoch vorläufig nur so viel bekannt, dass die *Müller*'schen Fasern gegen das Ende des Markes sich verfeinern und schliesslich den andern Strangfasern im Durchmesser gleich werden. Dagegen sind weder letzte Enden, noch Collateralen an denselben bis jetzt gefunden worden. Somit bleibt die Funktion der betreffenden Acusticusfasern in tiefes Dunkel gehüllt und ebenso diejenige der mittleren ungekreuzten Fasern, die wahrscheinlich zu centrifugal wirkenden Elementen gehören.

Ebenso eigenthümliche Verhältnisse wie die *Müller*'schen Fasern bieten die sensiblen Wurzeln von *Petromyzon* dar, indem dieselben den Uebergang von *Amphioxus* zu den typischen Verhältnissen zu vermitteln scheinen. Bei *Amphioxus* fehlen Spinalganglien und entspringen die sensiblen Wurzeln von gewissen dorsal gelegenen Zellen des Markes, die wir mit den embryonalen Bildungszellen der Spinalganglien, d. h. denen der Nervenleiste, verglichen haben. Bei *Petromyzon* nun sind zwar Spinalganglien da, und entspringen auch die Mehrzahl der sensiblen Wurzelfasern von denselben, eine andere Zahl dagegen hat noch ihre primitive Stelle im Marke bewahrt und das sind die von *Freud* gefundenen dorsalen medialen Zellen. Ganz in derselben Weise fasst auch *Freud* diese Verhältnisse auf (Nr. II, S. 59—62) und verstärkt diese Auffassung durch besondere Beobachtungen. Einmal fand derselbe, wenn auch selten, den sensiblen Dorsalzellen des Markes ganz gleiche Zellen in der queren Verlaufsstrecke der sensiblen Wurzel (l. c. Taf. III, Figg. 1 und 2 *gh 2*) vor ihrem Eintritte in das Mark. Diese Zellen sind bipolar und liegen z. Th. in Kapseln, wie die Zellen der Spinalganglien. Viel häufiger sah er zweitens in der oberflächlichen Verlaufsstrecke dieser Wurzeln nach ihrem Durchtritte durch die Pia, theils dicht an dieser Stelle, theils weiter cerebral- oder caudalwärts von derselben entfernt, sensible Nervenzellen ebenfalls von Spindelform, Elemente, deren Vorkommen ich an Querschnitten bestätigen kann.

Diese Beobachtungen bringen mich nun noch auf die Frage vom Ursprunge von Elementen sensibler Wurzeln aus dem Rückenmarke vom Hühnchen (*v. Lenhossek*, *Ramón*), welche oben (S. 79) mit Wahrscheinlichkeit als centrifugal leitende bezeichnet und mit den von *Freud* beobachteten Elementen zusammengestellt wurden. Letztere Auffassung ist offenbar nicht richtig und nehme ich dieselbe hiermit zurück. Nach den bisherigen Erfahrungen kommen zweierlei Elemente in den sensiblen Wurzeln vor, die im Mark entspringen, und zwar: 1. sensible Fasern, bei *Amphioxus* alle und bei *Petromyzon* ein Theil, und 2. Fasern, die von Ventralhornzellen abstammen und wahrscheinlich centrifugal leiten beim Hühnchen. Pristiurus, den *v. Lenhossek* auch hierzu

rechnet auf Grund der Beobachtung durchtretender Wurzelfasern in dessen Ganglien (Anat. Anz. 1892, S. 528), wird doch wohl vorläufig als zweifelhaft anzusehen sein, um so mehr als die Spinalganglien bei *Petromyzon* möglicher Weise noch eine dritte Art von Elementen enthalten, über die bei *Freud* nachzusehen ist (Nr. II S. 65).

In Betreff der Beziehungen der sensiblen und motorischen Elemente im Marke der Cyclostomen zu einander und zum Gehirn ergeben die bisherigen Erfahrungen zu wenig, als dass es möglich wäre, auf dieselben einzugehen.

Litteratur. *Ahlborn* in Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 39 S. 193 Taf. XIII—XVII; *Freud*, I. Ueber den Ursprung der hintern Nervenwurzeln bei *Ammocœtes Planeri*. Wien. Sitzungsber. 1877 Bd. 75, 1 Taf. II. Ueber Spinalganglien und Rückenmark von *Petromyzon*. Ebenda 1878, Bd. 78, 87 S. 4 Taf.; *Gaskell*, On the Origin of Vertebrates. Journ. of micr. Sc. 1890 Pl. 27 Fig. 19 (Mark von *Ammocœtes*); *Kutschin*, Ueber die mikroskop. Struktur des Rückenmarkes von *Petromyzon fluviatilis* in Gel. Nachrichten der Universität Kasan 1863 24 S. 2 Taf. (Russisch). Referat von *Stieda* in Petersburg. Mélanges biologiques Tom IV und in Arch. f. mikr. Anat. II 1886 S. 529; *Langerhans*, Unters. über *Petromyzon Planeri*. Freiburg 1873, 114 S. 10 Taf.; *Owsjannikow*, Disq. micr. de med. spin. textura. Dorpat 1854; *Reissner*, Beitr. z. Kenntn. d. Rückenmarkes von *Petromyzon fluviatilis* in *Müll.* Arch. 1860 p. 560, 2 Taf.; *Stilling*, Neue Unters. über den Bau des Rückenmarkes, 1859 Taf. 28; *Virchow*, Cellularpathologie, 4. Aufl. S. 314 Fig. 101 (Mark von *Petromyzon*). Ferner die bei *Amphioxus* citirten Arbeiten von *Nansen* und *Retzius*.

3. Teleostier, Plagiostomen, Ganoiden, Dipnoi.

Alle übrigen Fische stimmen mit einigen seltenen Ausnahmen im Baue des Markes so sehr mit einander überein, dass dieselben zusammen besprochen werden können, um so mehr als von den feinsten Strukturverhältnissen desselben so gut wie nichts bekannt ist. Wähle ich als Ausgangspunkt das durch *Stieda*'s Untersuchungen zuerst bekannt gewordene Rückenmark des Hechtes (Fig. 425) und das der Forelle (Fig. 426), so finden wir einen Typus, der im Allgemeinen ganz gut an das Mark der Säugethiere sich anschliessen lässt, indem wir ebenfalls eine centrale graue Substanz mit einem *Canalis centralis* und vier von derselben ausgehende graue Säulen oder Hörner und um das ganze herum einen Mantel weisser Substanz finden. Ferner ist auch eine ventrale Spalte und ein ventrales und dorsales Ependymseptum da, welche sogar auffallend gut ausgebildet sind. Doch mangeln auch Eigenthümlichkeiten nicht. Die ventralen Hörner stehen mehr quer und stellen zwei dickere Platten mit einer ventralen und dorsalen Fläche dar. In der Regel zeigen dieselben nur eine einzige Gruppe von meist grossen multipolaren Zellen untermengt mit kleineren Elementen, die ihren Sitz in den lateralen Theilen derselben hat und die Gruppe der lateralen Zellen der Ventralhörner darstellt. Andere Zellen, die medialen Nervenzellen, meist von geringerer Grösse, finden sich in der Nähe des Centralkanales bis in die Höhe des dorsalen Randes desselben. Die dorsalen Hörner sind sehr unentwickelt, schmal, näher beisammengelegen als bei höheren Geschöpfen und an Nervenzellen so arm, dass dieselben bei manchen Gattungen nach den bisherigen Angaben zu fehlen scheinen, was jedoch wohl kaum als richtig anzusehen ist. Wo solche gesehen wurden, ergaben sich dieselben als klein und unscheinbar

und ist bis jetzt nur Ein Fall bekannt, bei der Forelle nach *Rohon*, in welchem in diesem Horne von Stelle zu Stelle immer nur je Eine grössere multipolare Zelle sich fand (s. S. 172).

In der grauen Substanz ist immer eine dorsale Kommissur vorhanden, die meist den Eindruck sich kreuzender Fasern macht und ausserdem ist charakteristisch, dass diese Substanz nirgends und vor allem in ihrer dorsalen Hälfte nicht, scharf gegen die weisse Substanz sich abgrenzt, vielmehr hier in verstärktem Massstabe denselben Eindruck macht, wie die sogenannten *Processus reticulares* im Marke der Säuger. Die mehr oder weniger in die graue Substanz

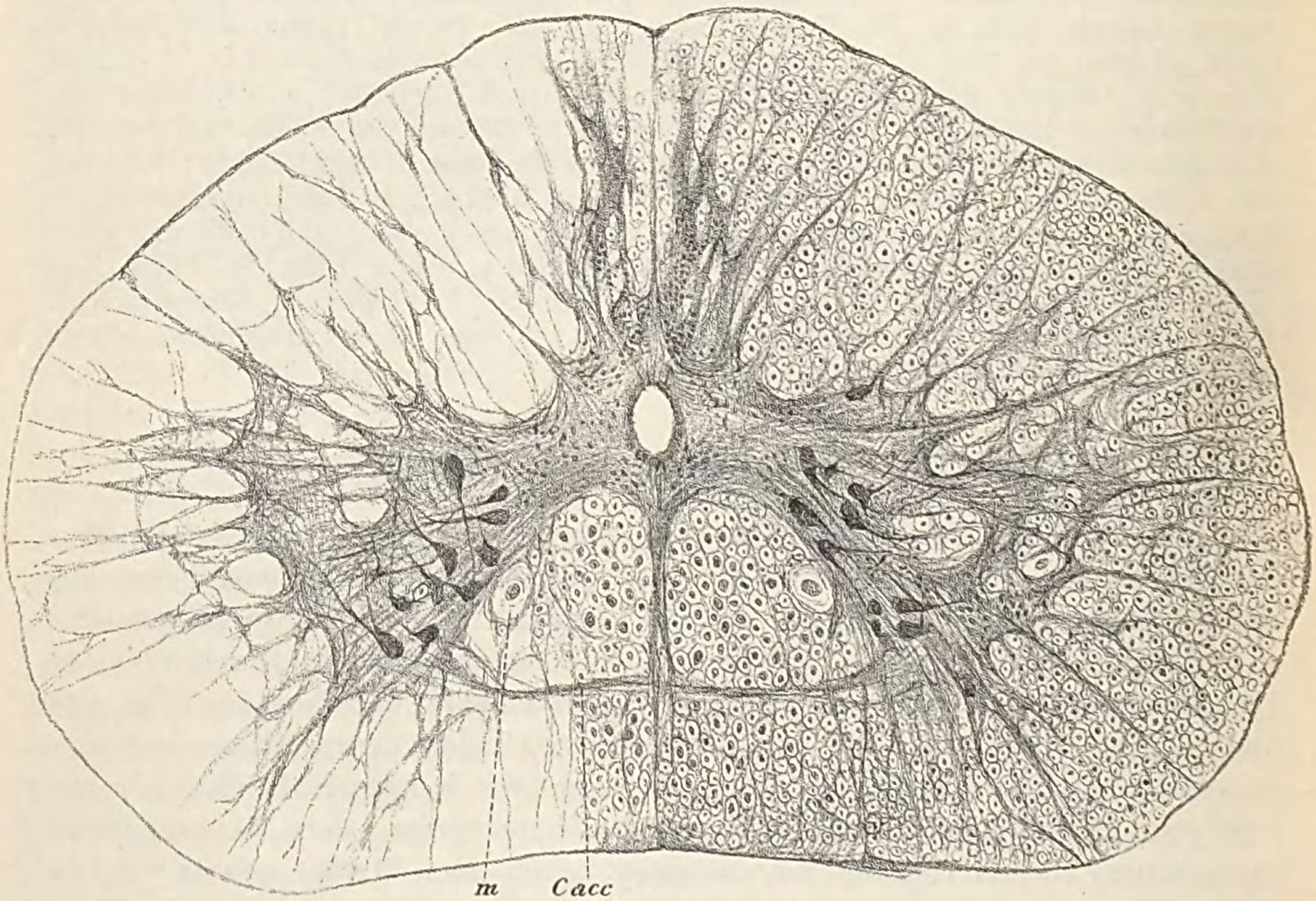


Fig. 425.

eingelagerten weissen Längsbündel werden von zarteren oder stärkeren grauen Balken und Blättern umschlossen und begrenzt, die gewöhnlich auch noch zur grauen Substanz gezählt werden, obwohl dieselben einem guten Theile nach unmittelbar in das Scheidewand- und Balkensystem der weissen Substanz übergehen, welches wesentlich aus Neuroglia besteht. An solcher ist auch die graue Substanz, besonders der Dorsalhörner und der Umgegend des Centralkanales, reich und hat man selbst schon einen Theil der ersteren als *Substantia gelatinosa* zu bezeichnen versucht (*Goronowitsch*), was wohl insofern als gewagt angesehen

Fig. 425. Rückenmark des Hechtes, Karmin. Breite des Markes 3,23 mm, *Diam. dorso-ventralis* 2,42 mm. *m Mauthner*'sche Fasern, *Cacc Commissura accessoria*.

werden muss, als auch bei höheren Geschöpfen eine genaue Charakterisirung dieser Substanz aufzustellen bis jetzt nicht gelungen ist.

Einen wesentlichen, viel verkannten Bestandtheil der grauen Substanz der Fische bilden dunkelrandige Nervenfasern. Schon vor vielen Jahren war ich genöthigt (l. i. c.), diesen Bestandtheil gegenüber den ersten Angaben von *Owsjannikow* zu betonen und jetzt befinde ich mich annähernd wieder in derselben Lage. Die meisten Untersuchungen über das Fischrückenmark wurden an Karminpräparaten angestellt und an diesen ist es unmöglich, sich eine ge-

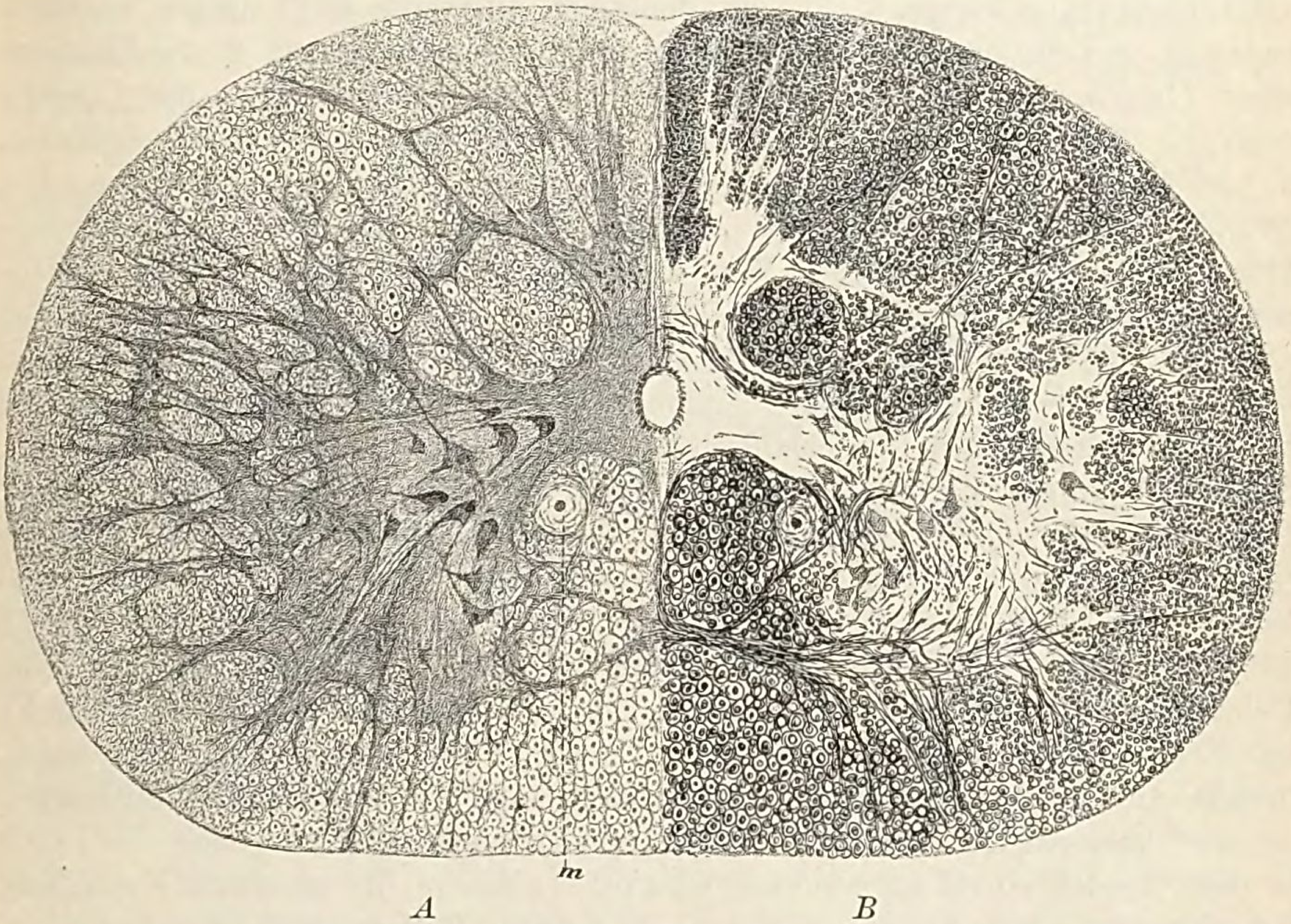


Fig. 426.

nügende Anschauung über diese Elemente zu verschaffen, so dass selbst der um die Kenntniss des Nervensystems hochverdiente *Stieda* zwar die Anwesenheit markhaltiger Fasern beschreibt, aber doch keine ganz ausreichende Kenntniss derselben erlangte. Wendet man dagegen *Weigert*'sche Färbungen oder Osmiumsäure oder die Untersuchung ganz frischer Theile an, so ergiebt sich auch bei diesen Geschöpfen ein bedeutender Reichthum der grauen Marksubstanz an solchen Elementen. Da bis jetzt noch Niemand eine *Weigert*'sche Färbung des Fischrückenmarks abgebildet hat, so verweise ich auf die Fig. 426 B, welche zeigt,

Fig. 426. Querschnitt des Markes einer Forelle. Die rechte Hälfte *B* nach einem Präparate mit *Weigert*'scher Färbung, die linke Hälfte *A* nach einem Karminpräparate. In beiden sind in den Ventralsträngen die *Commissura accessoria* und die *Mauthner*'schen Fasern *m* sichtbar. Breite des Markes 2,33 mm, Diameter dorso-ventralis 1,76 mm.

dass die graue Substanz in allen Gegenden feine markhaltige Nervenfasern enthält, die namentlich in den Ventralhörnern um die Nervenzellen herum zahlreich sind, ausserdem aber auch eine gut entwickelte dorsale Kommissur bilden. Da viele dieser Fäserchen aus den Strängen in die graue Substanz eintreten, so darf ein Theil derselben als Collateralen aufgefasst werden.

Die weisse Substanz besteht aus dunkelrandigen Fasern von verschiedenen Durchmessern und aus sehr entwickelten Gliaelementen. Die Nervenfasern verlaufen theils longitudinal, theils transversal. Die letzteren gehören theils den Wurzeln der Rückenmarksnerven an, theils besonderen Elementen. Unter diesen sind zu erwähnen 1. viele in allen Strängen horizontal verlaufende feine Elemente, die aus denselben allerwärts in die graue Substanz eintreten und die oben schon erwähnten Collateralen darstellen, 2. die Elemente einer *Commissura ventralis*, die an der ventralen Seite des *Canalis centralis* dicht an den Ventralsträngen von einer Seite zur anderen verlaufen, 3. eine *Commissura accessoria*, *Mauthner* oder *Comm. transversa*, *Stieda*, welche quer durch die ventralen Stränge verlaufend, die ventralen Hörner miteinander verbindet. Was diese Kommissur anlangt, so fehlt dieselbe bei *Protopterus (Burckhardt, ich)*, *Acipenser (Goronowitsch)*, *Carcharias (Stieda)*, *Orthagoriscus* und *Tetrodon (Vial, B. Haller)* und bei *Calamoichthys*, *Ceratodus*, *Amia*, *Scaphyrhynchus (ich)*, findet sich dagegen bei allen untersuchten Knochenfischen, *Esox*, *Perca*, *Leuciscus*, *Anguilla*, *Silurus*, *Gadus (Stieda)*, *Mugil cephalus (Sanders)*, *Clupea*, *Salmo*, *Cyprinus*, *Mormyrus*, *Malapterurus*, *Gymnotus (ich)*, ferner bei *Torpedo (Stieda)*, wogegen *Reichenheim* sie bei dieser Gattung leugnet, was vielleicht daher rührt, dass diese Kommissur, wie *Stieda* meldet (Nr. I Fig. 11 und 14), keine kontinuirliche ist, dann bei *Raja*, wo nach *Stieda* eine Uebergangsform sich findet (Nr. II Fig. 3), ausserdem bei *Myliobates* (*Rohon*), bei *Trygon* und *Scyllium canicula* (*Viault*). Die *Commissura accessoria* besteht aus markhaltigen Nervenfasern und steht in bestimmten Beziehungen zu den motorischen Wurzeln. Diese theilen sich nämlich nach *Stieda* in drei Bündel, ein Kommissurenbündel, das in die genannte Kommissur sich fortsetzt, ein laterales, das in die laterale Zellengruppe eintritt und ein centrales Bündel, das direkt dorsalwärts in das ventrale Horn eintritt (*Stieda* Nr. I Fig. 6). *Stieda* nimmt ferner an, dass das Kommissurenbündel Wurzelfasern aus dem ventralen Horne der andern Seite führe, jede Wurzel somit einen direkten und einen gekreuzten Ursprung besitze, ein Punkt, der doch wohl weiterer Untersuchungen bedarf. Ich möchte eher glauben, dass die Fasern dieser Kommissur von Strangzellen abstammen, die ihre Fortsätze gekreuzt in den ventralen und den Seitenstrang der andern Seite senden, welche Fasern wenigstens andeutungsweise vor kurzem von *v. Lenhossek* bei *Pristiurus* gesehen wurden (Fig. 1, 5—8 und 9—14). *v. Lenhossek* hat freilich diese Fasern nicht in der *Commissura accessoria* beobachtet, da er nur Embryonen untersuchte, wenn man jedoch berücksichtigt, dass die von ihm abgebildeten Kreuzungsfasern alle in der Mitte zwischen dem Centralkanale und der ventralen Oberfläche des Ventralstranges lagen, so wird man doch mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen dürfen, dass erwachsene *Pristiurus* in dieser Gegend eine *Commissura accessoria* besitzen.

Die longitudinalen Elemente des Markes der Fische zeigen vor allem in den Ventralsträngen auffallendes. Hier liegen einmal die dicksten Nervenfasern und zwar so vertheilt, dass die allerstärksten von 20—26 μ in der dorsalen Hälfte derselben und somit wo eine *Commissura accessoria* da ist, zwischen derselben und der grauen Substanz ihre Lage haben. Ausserdem finden sich in diesem Felde noch die zwei eigenthümlichen, von *Mauthner* entdeckten kolossalen Nervenfasern, die nach ihm benannt werden, von denen gleich weiter die Rede sein soll. In den Seitensträngen sind grobe, mittelfeine und feine Fasern gemischt, so dass im Allgemeinen die feinsten Elemente mehr die oberflächlichen Theile einnehmen, doch ist bemerkenswerth, dass bei manchen Fischen (Forelle, Barsch, Barbe, Hecht) der dorsale Theil dieser Stränge vorwiegend gröbere Elemente zeigt. In den Dorsalsträngen kommen sozusagen nur feinste Elemente vor.

Was nun die *Mauthner*'schen Fasern anlangt (Fig. 425 *m*), so finden sich dieselben bei vielen Teleostiern mit Ausnahme von *Orthagoriscus* und *Tetrodon*, ferner kommen dieselben vor bei *Acipenser* (*Goronowitsch*) und *Protopterus (Burckhardt, ich)*, bei *Polypterus, Amia, Calamoichthys, Scaphyrhynchus, Ceratodus (ich)*, fehlen dagegen den Plagiostomen und bei *Mormyrus, Malapterurus, Gymnotus (Fritsch, ich)*. Ihr Durchmesser beträgt bei den Teleostiern 50—60 μ *(Stieda)*, beim Hecht 96 μ *(Mauthner)*, 90—110 μ *(ich)*, bei *Protopterus* nach meinen Messungen die Fasern selbst 40—60 μ und der sie umschliessende Hohlraum 90—114 μ. Diese Fasern scheinen den *Müller*'schen Fasern der Cyclostomen und von *Amphioxus* dem Baue nach gleichwerthig zu sein, ob auch dem Ursprunge und der physiologischen Bedeutung nach ist zweifelhaft. Was über dieselben in dieser Hinsicht bekannt ist, ist folgendes:

Deiters (S. 190) und *Stieda* (1868 S. 34) entdeckten zuerst, dass die *Müller*'schen Fasern in der *Medulla oblongata* sich kreuzen. Nach *Stieda* rücken die Fasern hirnwärts einander immer näher, und kommen schliesslich dicht an den Centralkanal zu liegen; am Boden des vierten Ventrikels angelangt, kreuzen sich dann dieselben, biegen fast unter rechtem Winkel lateralwärts um, und schliessen sich der aufsteigenden Trigeminuswurzel an. Was weiter aus ihnen wird, vermochte *Stieda* nicht zu ermitteln, ebenso wenig gelang es ihm das caudale Ende der Fasern zu verfolgen und war nur so viel zu sehen, dass Fasern caudalwärts immer feiner wurden und schliesslich unter den anderen Nervenfasern sich verloren.

Von Neueren hat *Goronowitsch* bei *Acipenser* die *Mauthner*'schen Fasern am genauesten verfolgt. In der Gegend des Austrittes des *Glossopharyngeus* und *Vagus* steigen die *Mauthner*'schen Fasern dorsalwärts und liegen unter dem Boden der Rautengrube an der dorso-lateralen Seite der dorsalen Längsbündel. Von hier gelangen sie an die mediale Seite derselben dicht an die Raphe, kreuzen sich in der Gegend des Austrittes des *Acusticus* und verlaufen dann bogenförmig zum Ventralhorne wo sie in sehr grosssen Zellen endigen. Die Fortsätze dieser terminalen Zellen sind z. Th. nach den ventralen und lateralen Theilen der weissen Substanz gerichtet. Ein sehr dicker Fortsatz steigt dagegen konstant dorsalwärts empor, lässt sich bis zu den austretenden Bündeln

des *Acusticus* verfolgen und ist *Goronowitsch* geneigt, denselben in diesen Nerven übergehen zu lassen.

Diesen Beobachtungen von *Goronowitsch* gingen ältere von *Mayser* und *Fulliquet* voraus, die auch Beziehungen der *Mauthner*'schen Fasern zum *Acusticus* betonen. *Mayser* hat bei der Barbe diese Fasern nach ihrer Kreuzung zu einem Gebilde verfolgt (Fig. 16), das offenbar eine grosse Nervenzelle darstellt und von diesem nun ging ein starker Fortsatz in die absteigende Acusticuswurzel, d. h. in den austretenden Theil derselben, wenn ich *Mayser* recht verstehe, über. Was dieser Autor sonst noch über diese Verhältnisse Sonderbares mittheilt, ist ohne Nachprüfung und genauere Feststellung nicht verwerthbar. *Fulliquet* hat in Einer Beziehung ganz bestimmte Angaben, indem er bei *Protopterus* jede *Mauthner*'sche Faser nach geschehener Kreuzung für sich allein die 6. Wurzel des *Acusticus* bilden lässt (pg. 62). Hierbei ist dieselbe ohne Verbindung mit einer Nervenzelle, und verhält sich beim Uebergange in die Acusticuswurzel so, dass sie in mehrere Fibrillenbündel zerfällt, die sich verbreiternd und wiederholt theilend schliesslich ein Büschel zahlreicher Fibrillen bilden und so aus dem Marke austreten (Fig. 10 VIII 6). Ganz anders lauten die Angaben von *Burckhardt*, der (pg. 13) einfach erwähnt, „dass im Gebiete des Eintrittes des stärksten Astes des Acusticus (VIII 2. Fig. 13) jene bekannte grosse Zelle liege, deren Achsencylinder die *Mauthner*'sche Faser sei.“ Doch fügt *Burckhardt* bei, dass er über ihre Beziehungen zum *Acusticus* nichts Neues beizubringen vermöge. Da nun *Burckhardt* die fragliche Zelle nicht abbildet, auch sonst nichts über dieselbe (Grösse, Lage, Kern) angiebt, so bleibt zweifelhaft, ob er eine solche Zelle wirklich gesehen hat oder gestützt auf die Untersuchungen von *Mayser, Ahlborn, Stieda, Rohde* bei *Amphioxus, Petromyzon* und *Barbus* dieselbe nur hypothetisch annimmt. In Betreff der *Mauthner*'schen Fasern ist nun noch ein Punkt zu erwähnen. Ich betonte schon oben bei den Cyclostomen und *Amphioxus* dass diese Kolossalfasern nur dann physiologisch verwerthbar wären, wenn sie in ihrem ganzen Verlaufe Collateralen entsendeten und solche sind nun möglicher Weise bei *Acipenser* und *Protopterus* vorhanden. *Goronowitsch* fand an Längsschnitten des Markes von *Acipenser* (p. 499), dass sehr feine Fäserchen von der Oberfläche des Achsencylinders der *Mauthner*'schen Faser sich abspalten, Gebilde die sowohl proximal als distal gerichtet sind, in Karmin sich färben, und nicht streng cylindrisch, sondern theilweise bandförmig erscheinen. In seltenen Fällen sah *Goronowitsch*, dass diese Fäserchen, die sich nie in echte Nervenfasern umwandeln, aus der Markhülle der *Mauthner*'schen Faser austraten. Und *Burckhardt* meldet (S. 11), dass der Achsencylinder der *Mauthner*'schen Fasern von *Protopterus* eine deutlich fibrilläre Struktur zeige und auf Längsschnitten die Abzweigung einzelner Fibrillen erkennen lasse. Diese Beobachtungen zusammen gehalten mit dem, was über die Kolossalfasern der Polychaeten bekannt ist (S. oben S. 159), machen es doch wahrscheinlich, dass die Kolossalfasern überall Seitenästchen entsenden und so ausser an ihren Enden, auch in ihrem Verlaufe Wirkungen auf benachbarte Nervenzellen ausüben, ähnlich den Strangfasern der höhern Thiere mit ihren Collateralen.

Mit Rücksicht auf den Bau der *Mauthner*'schen Fasern habe ich nun

noch zu erwähnen, dass dieselben an meinen Spiritusexemplaren von *Protopterus* in etwas anderer Weise sich darstellten, als bei den gewöhnlichen Knochenfischen, bei denen die Achsencylinder derselben einfach eine gleichmässige feine Punktirung durch Achsenfibrillen zeigen. Bei *Protopterus* nämlich erschienen die Achsencylinder der genannten Fasern so eigentümlich grob punktirt, wie wenn sie von einem ganzen Bündel von marklosen Achsencylindern gebildet würden (Fig. 427). Die *Mauthner*'schen Fasern selbst massen 40—60 μ, stacken jede in einem Hohlraume von 95—114 μ und waren noch von einer Art Scheide locker umgeben, deren Natur mir nicht klar wurde. Dieselbe sah am meisten der Neuroglia ähnlich, und waren auch oft faserähnliche Bildungen an derselben zu erkennen. Von einer Zusammensetzung aus concentrischen Bildungen, wie die Markhülle der *Mauthner*'schen Fasern der Knochenfische an Präparaten sie zeigt, war dagegen hier gar nichts zu sehen, doch muss ich bemerken, dass auch die anderen Nervenfasern keine solchen Ringe erkennen liessen. Was nun die Zusammensetzung der *Mauthner*'schen Fasern selbst betrifft, so bestanden dieselben aus kleinen und gröberen Fäserchen von 0,5—1—1,5 μ, welche meist rundlicheckig erschienen, dichtgedrängt beisammen lagen, und nicht selten noch wie eine Zusammensetzung aus noch feineren Fibrillen erkennen liessen. In einzelnen *Mauthner*-schen Fasern fanden sich auch etwas stärkere Elemente bis zu 3 und 4 μ von homogenem Aussehen, Achsencylindern von gewöhnlichen Nerven ähnlich. Längs- und Querschnitte durch das Mark boten keine weitere Aufklärung über die Bedeutung dieser eigenthümlichen Elemente der *Mauthner*-schen Fasern und fand ich weder Seitenäste derselben, noch eine Auflösung der Fasern in feinere Fibrillen, vielmehr wurden die Fasern in der Schwanzgegend je länger um so feiner, bis sie am Ende nur noch aus einem stärkeren Achsencylinder und einigen feineren Fäserchen, schliesslich nur noch aus ersterem allein bestanden. Das ganze Verhalten machte den Eindruck, wie wenn die Fasern immer schmäler und einfacher zusammengesetzt würden.

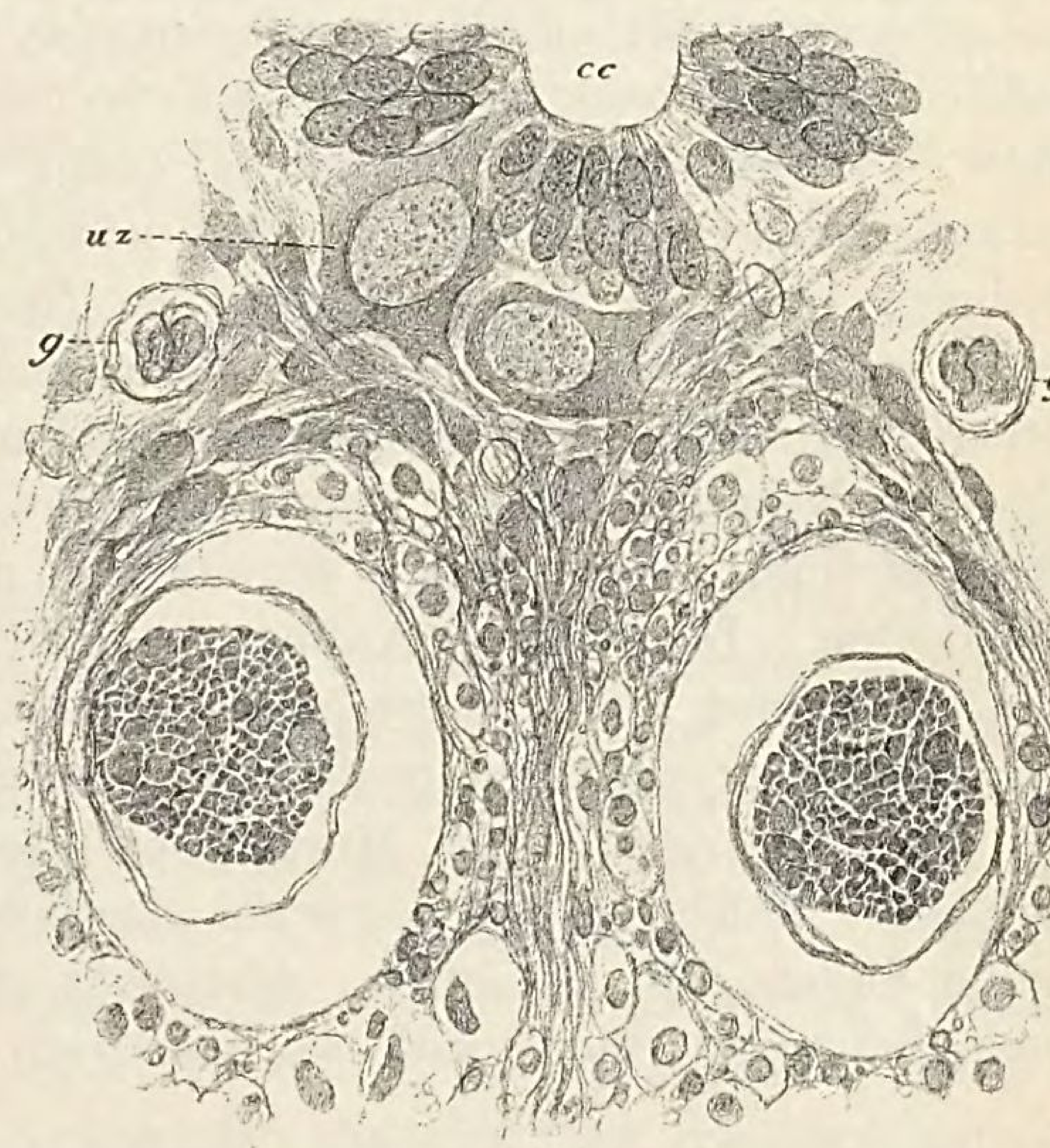


Fig. 427.

Fig. 427. Gegend der *Mauthner*'schen Fasern des Rückenmarkes von *Protopterus*, stark vergrössert. *cc* Centralkanal, *uz* grosse ventrale Zellen, *g* Gefässe, unter diesen die zwei grossen *Mauthner*'schen Fasern.

Ein während des Druckes dieser Zeilen aus England erhaltener lebender *Protopterus* zeigte an nach *Golgi* behandelten Präparaten, dass die *Mauthner*'schen Fasern auch dieser Geschöpfe, ebenso wie die andern Fasern des Markes, eine echte Scheide von Nervenmark und einen gewöhnlichen Achsencylinder enthalten (Fig. 429) und wird daher wohl die in Fig. 427 dargestellte eigenthümliche Zusammensetzung der letzteren nicht als ganz natürlich anzusehen sein. Um so auffallender ist die oben erwähnte Angabe von *Fulliquet*, der zufolge die *Mauthner*'schen Fasern von *Protopterus* bei ihrem Uebertritte in die betreffende Acusticuswurzel in feinere Fäserchen zerfallen.

Hier ist nun der Ort, noch einer Hypothese von *Fritsch* über die Bedeutung der *Mauthner*'schen und *Müller*'schen Fasern zu gedenken.

Derselbe vermuthet, „dass die Anordnung und der Verlauf dieser gegen das Körperende zu durch Abzweigungen allmählich schwächer werdenden motorischen Fasernlehre, dass dieselben mit der Innervation der seitlichen Schwanzmuskulatur betraut sein dürften, um die Koordination derselben für die regelmässige energische Seitenbewegung zu einer besonders innigen zu machen“ (Gymnotus S. 342). Diese Vermuthung ist für alle Kolossalfasern, die Beziehungen zum *Acusticus* haben, sicherlich nicht aufrecht zu halten und zwar für diejenigen von *Petromyzon, Acipenser, Protopterus* und *Barbus* (s. oben) und müssen bei diesen Fischen die genannten Fasern als centripetal leitende aufgefasst werden. Dürfte man annehmen, dass in diesen Fällen der *Nervus vestibuli* die *Mauthner*'schen Fasern entsendet, der offenbar die Bestimmung hat, die Lagenverhältnisse des Körpers anzuzeigen, so wäre es wohl denkbar, dass dieselben auf die Ursprungszellen der Nervenfasern der Schwanzmuskulatur einwirkten und so die Gleichgewichtsstellung des Körpers vermittelten und eine regelmässige Lokomotion ermöglichten. Diese meine Auffassung giebt wenigstens einen Fingerzeig dafür ab, nach welcher Seite die genannten eigenthümlichen Elemente mit einiger Aussicht auf Erfolg weiter zu prüfen sein werden.

Die Neuroglia des Markes der Teleostier besteht wesentlich aus Ependymfasern, welche je ein ungemein deutliches ventrales und dorsales mediales Septum bilden und ausserdem einen sehr grossen Antheil an der Bildung der grauen Substanz nehmen, die sie mit einem dichten feinsten Filze durchziehen.

Ich erwähne noch einige sehr auffällige Beobachtungen, welche an dem Rückenmarke von Fischembryonen gemacht wurden. Im Jahre 1884 beschrieb *V. Rohon* in den Ber. der bayer. Akademie Heft 1 grosse multipolare Nervenzellen, welche bei jungen Forellen noch vor dem Ausschlüpfen und vor allen andern Nervenzellen an der Oberfläche der dorsalen Markfläche in zwei Reihen auftreten, und von denen er annimmt, dass sie Beziehungen zu den sensiblen Wurzeln derselben und der entgegengesetzten Seite besitzen. *Rohon* vergleicht diese Zellen der Forellenembryonen mit den von *Reissner* entdeckten medialen dorsalen grossen Zellen von *Petromyzon*, von denen *Freud* direkte Beziehungen zu den sensiblen Wurzeln nachgewiesen hat, doch lässt er solche Wurzelfasern auch aus kleineren Zellen entspringen. Ferner nimmt *Rohon* an, dass die *Reissner-Freud*'schen Zellen auch bei erwachsenen Forellen an der dorsalen Grenze des dorsalen Hornes in einfacher Reihe sich finden (Fig. 3a). In Betreff dieser *Rohon*'schen Zellen schreibt mir *Kupffer* am 25. März 1893: „Diese Zellen, die *Beard* von Neuem bei *Lepidosteus* und *Raja* entdeckt hat, sind wohl nicht bleibender Natur. Bei *Acipenser* finde ich sie im Embryo, bei der Larve verschwinden sie und am Ende der Larvenperiode, vier Wochen nach dem Ausschlüpfen, habe ich nur noch einzelne grosse Kerne auffinden können, die vielleicht dazu gehören. Es sind höchstwahrscheinlich ancestrale Elemente, die auf *Amphioxus* zurückleiten. Das Präparat, nach welchem *Rohon* die Figur von der erwachsenen Forelle gegeben hat, habe ich seiner Zeit genau

angesehen und ist die Zelle *Rohon*'s durchaus korrekt wiedergegeben, aber es ist doch fraglich, ob dieselbe ein persistirendes Element jener embryonalen Zellen ist. Ich habe seitdem manche Erfahrung gemacht, die den totalen Schwund gut ausgeprägter Gebilde des embryonalen Nervensystems darthut.“ Seitdem habe ich selbst Gelegenheit gehabt, an den Präparaten von *Kupffer* die *Rohon*'schen Zellen sowohl bei der embryonalen Forelle, als bei *Acipenser*larven zu sehen und kann wenigstens das Vorkommen dieser auffallenden Gebilde bestätigen. Dieselben erinnern an die dorsalen Zellen am Gehirn von *Amphioxus* und noch mehr an die von *Fritsch* bei *Lophius* beschriebenen, dem verlängerten Marke massenhaft aufliegenden grossen Nervenzellen.

Was nun *Beard* betrifft, so meldet derselbe von *Lepidosteus*- und *Raja*embryonen, so Eigenthümliches (Anat. Anzeiger 1892 Nr. 7 u. 8), dass ich mich nicht entschliessen kann, näher darauf einzugehen. Derselbe bestätigt das Vorkommen der *Rohon*'schen Zellen, hält dieselben aber für motorische und lässt sie mit Ausläufern die dorsalen Theile der Myotomen versorgen. Ausser diesen Zellen, die später zu verschwinden scheinen, findet sich vielleicht noch ein zweites System solcher Zellen von möglicherweise sensibler Natur.

Aus diesen Beobachtungen von *Rohon*, *Kupffer* und *Beard* geht jedenfalls soviel hervor, dass bei Fischen sehr eigenthümliche embryonale, später schwindende oder wesentlich sich ändernde Bildungen vorkommen, die in hohem Maasse eine weitere Verfolgung verdienen. Gewisse räthselhafte Bildungen, wie die *Burkhardt*'schen Zellen bei *Protopterus* (s. unten), die oberflächlichen Nervenzellen von *Siren* und ein Theil der Kolossalfasern gehören möglicherweise auch in diese Kategorie.

Ich beschreibe nun noch in Kürze einige abweichende Formen:

a) *Protopterus annectens.*

Von dem Rückenmarke dieses Fisches besitzen wir zwei Beschreibungen und Abbildungen von *Fulliquet* (pag. 16, 41, Figg. 1, 2, 3) und *Burckhardt* (pag. 9—11, Figg. 29—35); ich finde jedoch die Abbildungen keines dieser Autoren ganz entsprechend und verweise auf meine Figur 428, die mich jeder speziellen Beschreibung der gröberen Verhältnisse überhebt. Die feinere Struktur anlangend, so besteht die weisse Substanz, abgesehen von den *Mauthner*schen Fasern, von denen schon die Rede war, aus dunkelrandigen Nervenfasern. Dieselben sind in den Ventralsträngen am stärksten, feiner in den Seitensträngen, doch kommen auch in diesen, besonders in der Tiefe und gegen die Dorsalstränge zu, gröbere Fasern vor, wogegen die Dorsalstränge aus gleichmässig feinen Fasern bestehen. Innerhalb der weissen Substanz machen sich die sensiblen Wurzeln bemerklicher als die motorischen. Dieselben treten in einem nach der medialen Seite zu leicht konvexen Bogen in der Richtung auf die kompakte Masse der grauen Substanz ein, verlieren sich jedoch z. Th. bevor sie dieselbe erreicht haben, z. Th. scheinen sie an Zellen derselben zu enden. Die motorischen Wurzeln liessen sich nur eine Strecke weit verfolgen. Ob dieselben, wie beim Axolotl nach *Stieda* (Fig. 1), an der medialen Seite der *Mauthner*'schen Fasern gegen die graue Substanz ziehen oder lateralwärts von denselben, war nie sicher zu sehen, doch sprechen manche Bilder für eine Spaltung der Faserbündel in einen lateralen und einen medialen Abschnitt.

Ausser diesen Fasern wird die weisse Substanz noch von einer grossen Zahl von feineren und gröberen Strängen, Balken und Fasern durchzogen, deren Bedeutung eine verschiedene ist. Ein Theil derselben sind Ependymfasern, die ein sehr deutliches dorsales und ventrales medianes Septum bilden, aber auch in den übrigen Gegenden vorhanden zu sein scheinen, wenn man

wenigstens sich daraus einen Schluss erlauben darf, dass rings um den Centralkanal herum von seinen Epithelzellen aus feine Fäserchen durch die graue Substanz bis zu und in die Stränge zu verfolgen sind. Ferner sind zahlreiche Gefässe namhaft zu machen, von denen viele in den Ebenen der Querschnitte verlaufen, endlich zahlreiche Dendriten der Nervenzellen, die schon *Burckhardt* z. Th. von gewöhnlichen, z. Th. von versilberten Präparaten darstellte (Figg. 29, 30, 31), und die in der That an den Seitentheilen der grauen Substanz leicht wahrzunehmen und bis gegen die Oberfläche der weissen Substanz zu verfolgen sind (Fig. 429).

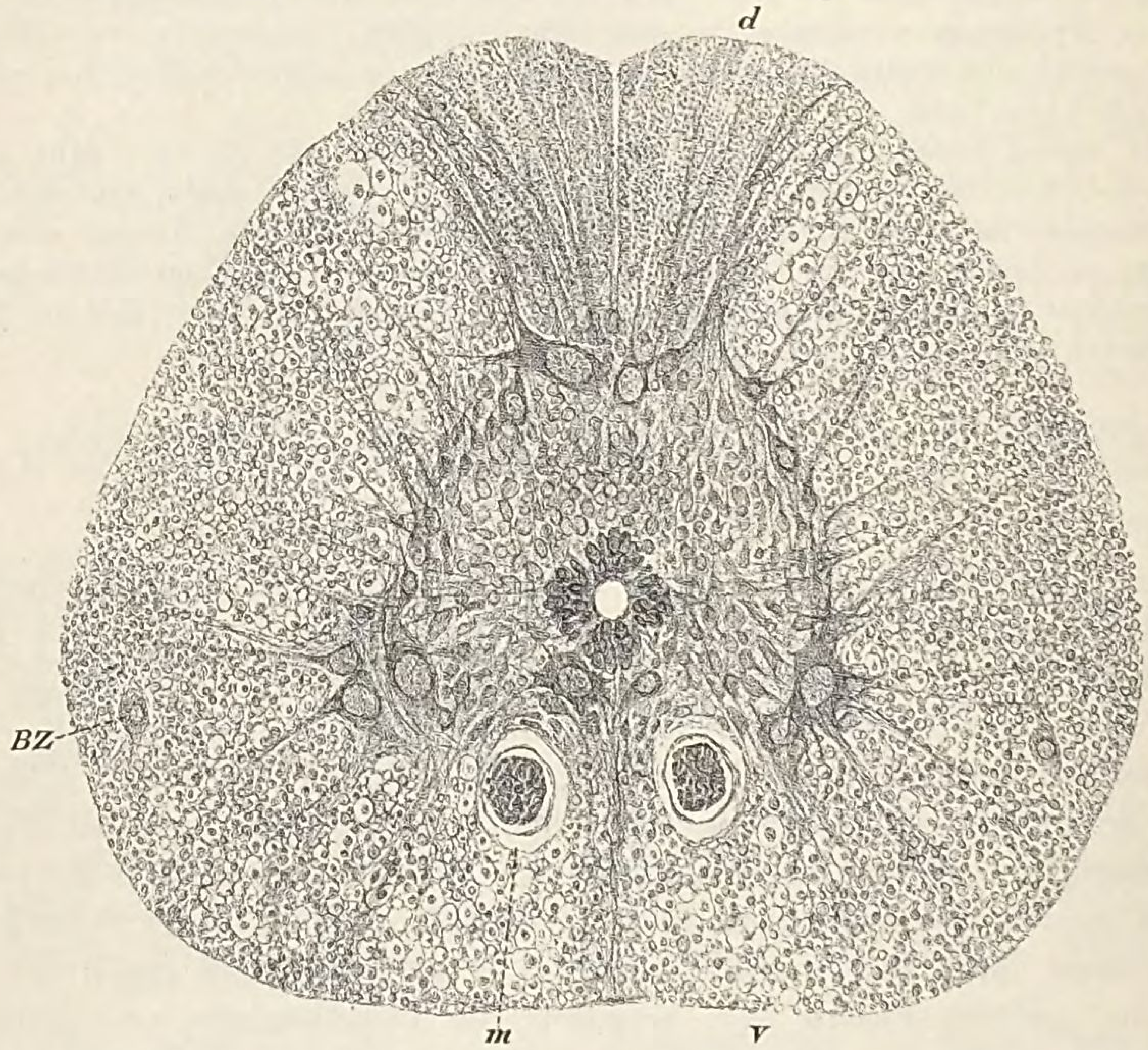


Fig. 428.

Ausser diesen Theilen enthält die weisse Substanz noch eine gewisse Zahl von runden, granulirten Kernen, die nicht den Gefässen angehören und wahrscheinlich Kerne von Gliazellen sind. Am zahlreichsten und grössten finden sich diese Kerne in den oberflächlichsten Gegenden des Markes besonders der Dorsal- und Seitenstränge und zählen dieselben wahrscheinlich zu einer Rindenlage der Glia, die an manchen Querschnitten deutlich ist. Ausserdem enthält die weisse Substanz eigenthümliche Zellen, die ich ihrem Entdecker zu Ehren die *Burckhardt*'schen nenne.

Fig. 428. Querschnitt des Rückenmarkes von *Protopterus annectens*, vergrössert. Natürliche Grösse 0,96 : 0,90 mm. *v* Ventralstrang, *m Mauthner*'sche Fasern, *d* Dorsalstrang, *BZ Burckhardt*'sche Zelle.

Diese *Burckhardt*'schen Zellen (Fig. 428 *BZ*), die *Burckhardt* als Gliazellen aufzufassen geneigt ist, sind meiner Meinung nach schwer zu deuten. Dieselben stehen mit ihrer längeren Achse longitudinal und bilden zu beiden Seiten des Markes in einer Entfernung von 20—76 μ von der Oberfläche je eine Längsreihe, die jedoch nicht als ganz kontinuirlich zu denken ist. Der Kern dieser Zellen ist rundlich eiförmig, scharf begrenzt, 15—19 μ gross, mit hellem, manchmal feinkörnigem Plasma und einem sehr deutlichen kleinen Nucleolus. Der Zellenkörper erscheint auffallend durch sein ganz homogenes Aussehen und einen eigenthümlichen Glanz. Die Fortsätze sind zwei, drei und mehr, liessen sich jedoch an meinen Objekten nie so weit verfolgen, wie dies *Burckhardt* gelungen ist, und bemerke ich, dass an Längsschnitten diese Elemente meist bipolar erscheinen und 45—57 μ lang sind, während dieselben an Querschnitten 30—38 μ messen. Form, Grösse und die eigenthümliche Lagerung weisen die *Burckhardt*'schen Zellen eher zu den Nervenzellen, wogegen die Gleichartigkeit des Kernes und des Zellenkörpers sehr an die Gliazellen der Säuger erinnern und die Schwierigkeit, ihnen bestimmte Beziehungen zu den Nervenfasern anzuweisen, diese Auffassung unterstützt.

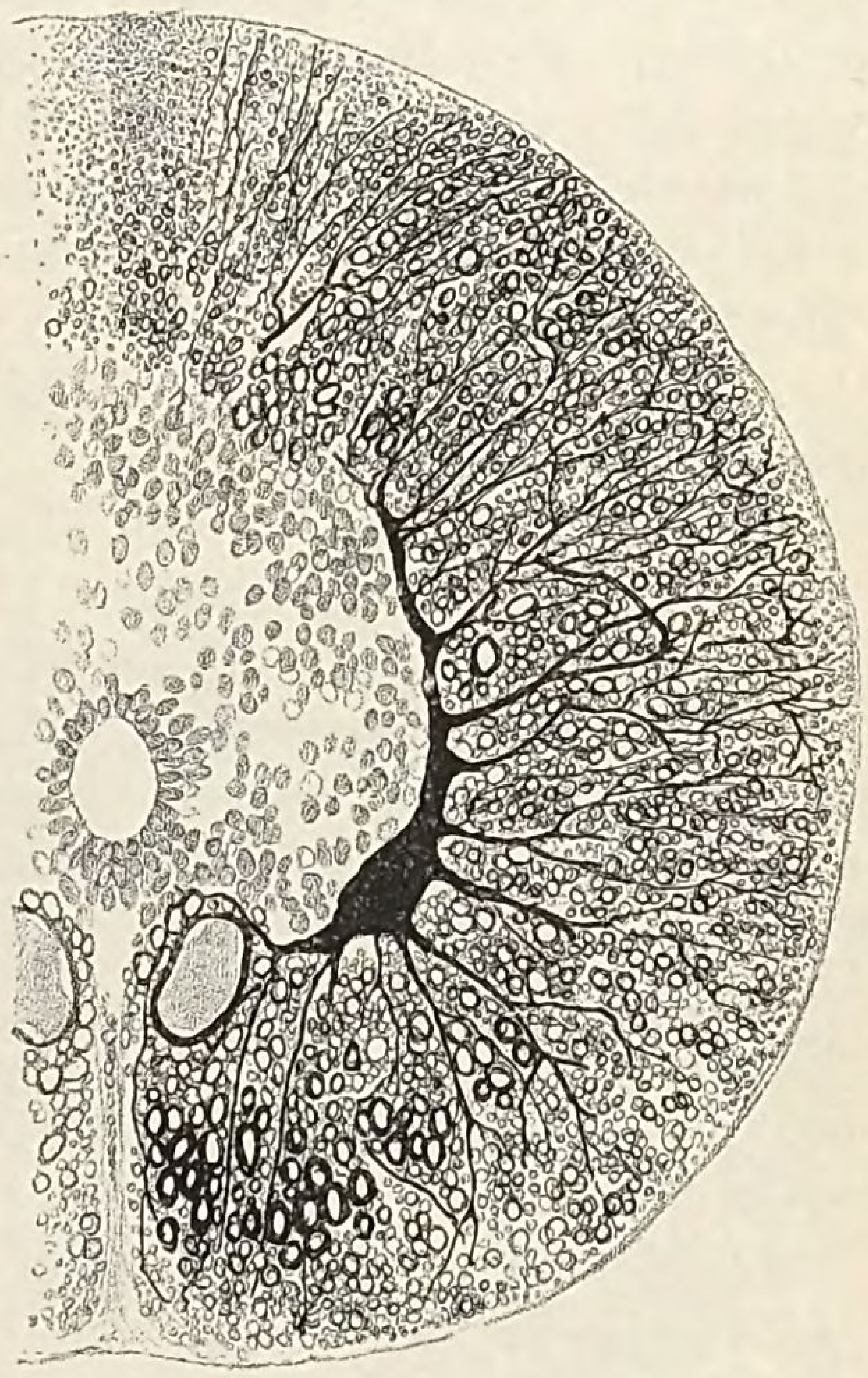


Fig. 429.

Von der grauen Substanz des Protopterus sei in erster Linie der 0,11 mm breite Centralkanal erwähnt, von welcher Zahl 30 μ auf den Hohlraum, der Rest auf die Wandungen kommt, die von einer einfachen oder scheinbar doppelten Lage länglicher Zellen gebildet werden, die meist an vier Stellen, zweien an der ventralen und zweien an der dorsalen Seite, durch Fasern unterbrochen sind, deren Zellenkörper etwas entfernter stehen. An der lateralen und dorsalen Seite des Centralkanals finden sich Gliazellen, die besonders an der letztgenannten Stelle wie zwei stärkere Ansammlungen bilden und durch kleine, runde, granulirte Kerne sich auszeichnen. Nervenzellen finden sich im gesammten Umkreise der grauen Substanz und unterscheide ich folgende Gruppen:

1. Die lateralen ventralen Zellen. Dieselben finden sich in dem den ventralen Hörnern entsprechenden Theile der grauen Substanz und stehen

Fig. 429. Hälfte eines Querschnittes durch das Mark eines lebend erhaltenen *Protopterus* nach *Golgi* behandelt, vergr. Eine grosse Zelle sendet viele Dendriten in und durch die weisse Substanz. Die zwei *Mauthner*'schen Fasern von 0,114 : 0,076 mm Durchmesser besitzen Hüllen von Nervenmark.

an Längsschnitten mit ihren Körpern meist quer, in Querschnitten oft wie bogenförmig längs des inneren Conturs der weissen Substanz. Multipolar von Gestalt, zeichnen sich viele derselben durch ganz kolossale Grösse, 40—60—100 μ, und ebenso mächtige, stark granulirte Kerne von 20—30—38 μ aus. Das Protoplasma ist feinkörnig homogen oder feinstreifig und die oft mächtigen Fortsätze dringen ventral- und lateralwärts in die weisse Substanz ein, wie oben schon angegeben wurde, und verästeln sich da, während ein ventraler Ausläufer in die vorderen Wurzeln überzugehen scheint (Fig. 429).

2. Die ventralen Zellen. Zwischen dem Centralkanale und den *Mauthner*'schen Fasern liegen in zwei Reihen 40—50 μ grosse, rundliche, multipolare Zellen, deren Fortsätze nicht zu verfolgen waren (Fig. 427 *v z*). Jede Reihe besteht aus einer oder zwei Zellen, doch liegen gewöhnlich nur zwei Zellen, seltener drei in Einer Querschnittsebene. Nicht selten lag auch eine dieser Zellen, die dann mehr gestreckt war, in dem *Septum ventrale* zwischen den *Mauthner*'schen Fasern.

3. Die lateralen Zellen. Liegen zu beiden Seiten des Centralkanals und gehen ohne Abgrenzung

4. in die dorsalen Zellen über. Diese beiden Gruppen bestehen meist aus kleineren, bipolar aussehenden Elementen, von denen *Burckhardt* in seiner Fig. 32 zwei versilbert darstellt, von denen die eine eine Strangzelle und die andere eine Kommissuren- oder motorische Zelle zu sein scheint. Aber auch grössere und selbst kolossale Elemente finden sich namentlich unter Nr. 4. So sah ich eine grosse Zelle an der ventralen Seite der Dorsalstränge quer gelagert, andere am Ausgangspunkte der schmalen Spitze der Dorsalhörner (Fig. 428). Manche Zellen dieser Gegend sandten je einen spitzen Ausläufer in der Richtung der sensiblen Wurzeln, doch war nie die volle Ueberzeugung zu gewinnen, dass dieselben die Bedeutung der *Freud*'schen Zellen des *Petromyzon* besitzen.

Noch ist zu bemerken, dass an der ventralen Seite des Centralkanales eine Kommissur sich findet, die der *Commissura alba* der höheren Geschöpfe entspricht.

b) *Ceratodus Forsteri.*

Von diesem merkwürdigen Typus der Dipnoi stand mir ein grosses, leider in seinem Rückenmarke nicht ganz gut erhaltenes Exemplar zu Gebote, das aber doch einige wichtige Ergebnisse lieferte. Das Mark ist mehr bandförmig, 1,47 mm breit, 0,22—0,25 mm im *Diameter dorso-ventralis* betragend, besitzt zwei Lateralbänder und ist demjenigen von *Petromyzon*, *Myxine* und *Cryptobranchus* ähnlich. Die graue Substanz ohne Spur von dorsalen Hörnern stellt eine quere, dünne Platte dar, die namentlich grosse Lateralzellen zeigt, aber auch eine Gruppe von medialen Zellen neben und ventral vom Centralkanale besitzt. Ferner erwähne ich das Vorkommen von zwei grossen, 30—38 μ dicken *Mauthner*'schen Fasern von demselben Baue wie bei *Protopterus*, von denen die eine dicht am *Septum ventrale*, die andere weiter lateralwärts ihre Lage hatte. In der weissen Substanz war in den Ventralsträngen, die keine *Commissura accessoria* besassen, das Vorkommen von einer gewissen Zahl recht starker

Nervenfasern auffallend, die jedoch nicht auf den Namen Kolossalfasern Anspruch machen konnten. *Ceratodus* scheint somit durch sein Rückenmark sowohl an *Protopterus* als auch an die Urodelen sich anzuschliessen.

c) *Ganoiden.*

Ueber das Mark von *Acipenser* hat *Goronowitsch* gute Abbildungen gegeben, aus denen hervorgeht, dass hier *Mauthner*'sche Fasern vorhanden sind, dagegen eine *Commissura accessoria* fehlt. Die Zellen zeigen den gewöhnlichen Typus.

Mir selbst stehen einige Erfahrungen über die Gattungen *Polypterus Calamoichthys, Amia* und *Scaphyrhynchus* zu Gebote, die mit den Beobachtungen von *Goronowitsch* übereinstimmen und, wie oben schon angegeben, das Vorkommen von *Mauthner*'schen Fasern auch bei dieser Gruppe nachwiesen.

d) *Elektrische und Pseudoelektrische Fische.*

Die Zitterrochen weichen im Baue des Markes von anderen Plagiostomen nicht ab, wie wir durch *Stieda* wissen. Ebenso zeigt die Gattung *Malapterurus*, abgesehen von dem obersten Theile des Markes, wo die zwei grossen Ursprungszellen der elektrischen Nerven sitzen, keine Abweichungen von dem gewöhnlichen Baue des Teleostiermarkes. Doch ist die Lage der genannten Zellen auf Querschnitten noch nicht bekannt. *Gymnotus* ist durch die Untersuchungen von *Fritsch* bekannt geworden, dessen Beschreibungen ich z. Th. zu bestätigen, z. Th. etwas zu erweitern im Stande bin. Das Mark dieses Aales zeigt im Bereiche der elektrischen Organe einen ganz besonderen, von *Fritsch* richtig erkannten Bau, indem nahezu die gesammte graue Substanz von grossen multipolaren Zellen von 26—40 μ Grösse dichterfüllt ist (Fig. 430). Im übrigen zeigt dieselbe mehr eine rundlich viereckige Gestalt und lässt keine schärfer ausgeprägten Hörner vortreten. Immerhin ist die Andeutung eines Ventralhornes oft nicht zu verkennen, auch ziehen sich in vielen Fällen Nervenzellen von etwas geringerer Grösse als die elektrischen Zellen, wie ich die andern heissen will, da dieselben im cerebralen Theile des Markes fehlen,

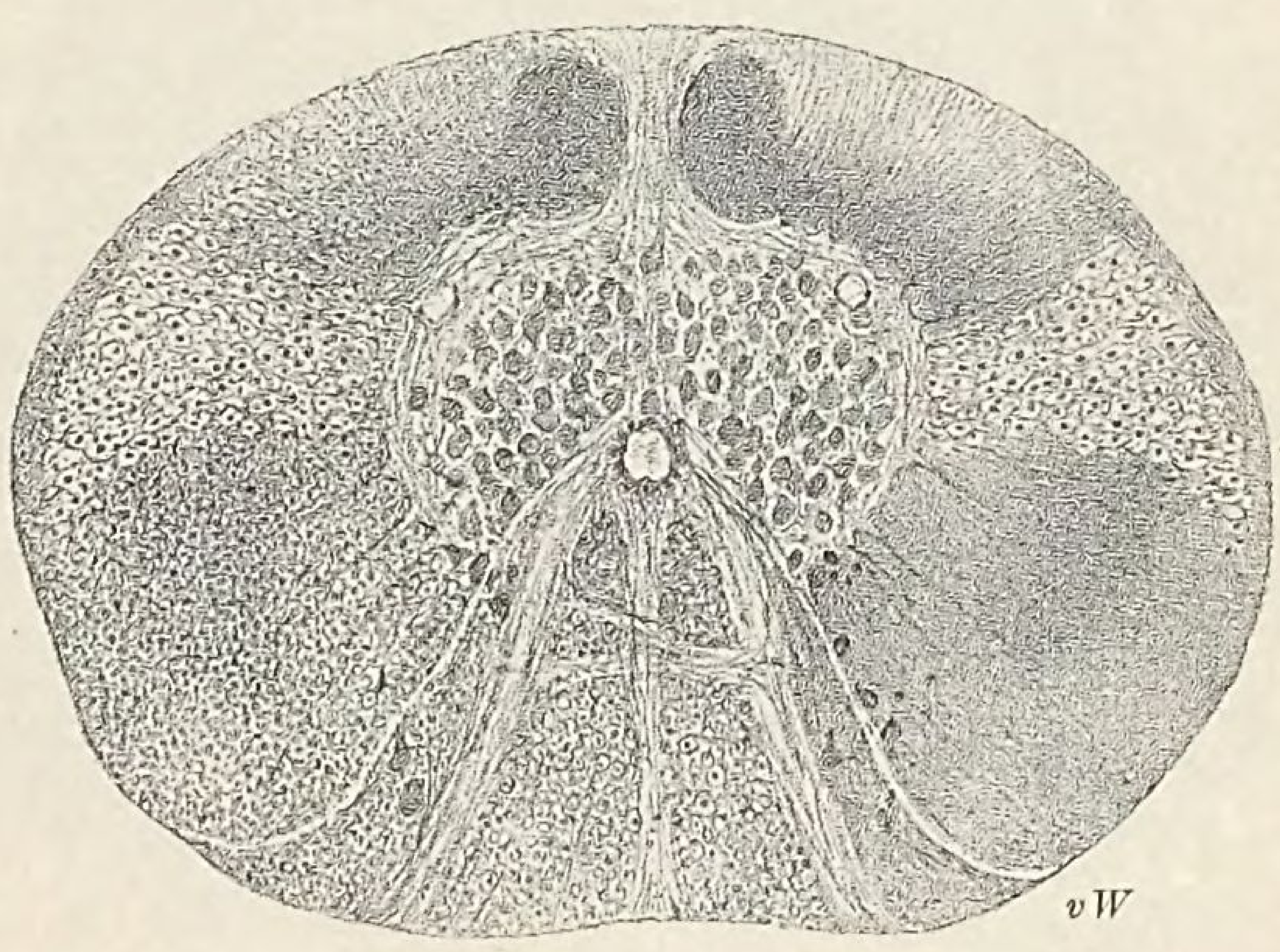


Fig. 430.

Fig. 430. Querschnitt des Markes von *Gymnotus electricus*, vergr. Natürliche Grösse 1,64 : 1,16 mm. *sl Septa ventralia lateralia* mit der *Commissura accessoria* dazwischen, *vW* ventrale Wurzel, *fl* grobfaseriger Theil des Seitenstranges.

längs der austretenden motorischen Wurzeln mehrweniger weit in den Ventralstrang hinein und bilden hier oft wie eine besondere ventrale laterale Gruppe, die vielleicht wesentlich die Ursprungszellen der motorischen Wurzelfasern in sich schliesst. In seltenen Fällen findet sich vereinzelt eine grössere Zelle in den ventralen Theilen des Dorsalstranges.

Ueber den Bau der weissen Substanz habe ich zu bemerken, dass neben dem *Septum ventrale mediale* auch zwei *Septa lateralia* vorkommen, die auf den ersten Blick motorische Wurzeln zu sein scheinen, aber doch wesentlich die Bedeutung von Gliazellen haben möchten. Die motorischen Wurzeln fand ich an den lateralen Seiten dieser Septen (Fig. 430 *sl*), im Bogen lateralwärts verlaufend *(v W)*. Eine *Commissura accessoria* verband die drei ventralen Septen in der Querrichtung. In hohem Grade auffallend ist bei Gymnotus ein beiläufig dreieckiges Feld im dorsalen Theile der Seitenstränge, das, wie *Fritsch* richtig hervorhebt, die stärksten Nervenfasern des ganzen Markes enthält und bis an die graue Substanz, aber auch bis an die äussere Oberfläche sich erstreckt. Da bei anderen Fischen nichts ganz gleiches sich findet (siehe übrigens S. 169 oben), so liegt der Gedanke an eine centrifugale, auf die elektrischen Zellen wirkende Bahn nahe und da die elektrischen Organe durch ihre Entwicklung den Muskeln verwandt sind, so ist es wohl erlaubt, an eine Gleichstellung dieser Gymnotusbahn mit der lateralen Pyramidenbahn zu denken, obschon eine solche bei den Fischen bis jetzt nicht nachgewiesen ist, eine Vermuthung, die auch *Fritsch* hervorhebt.

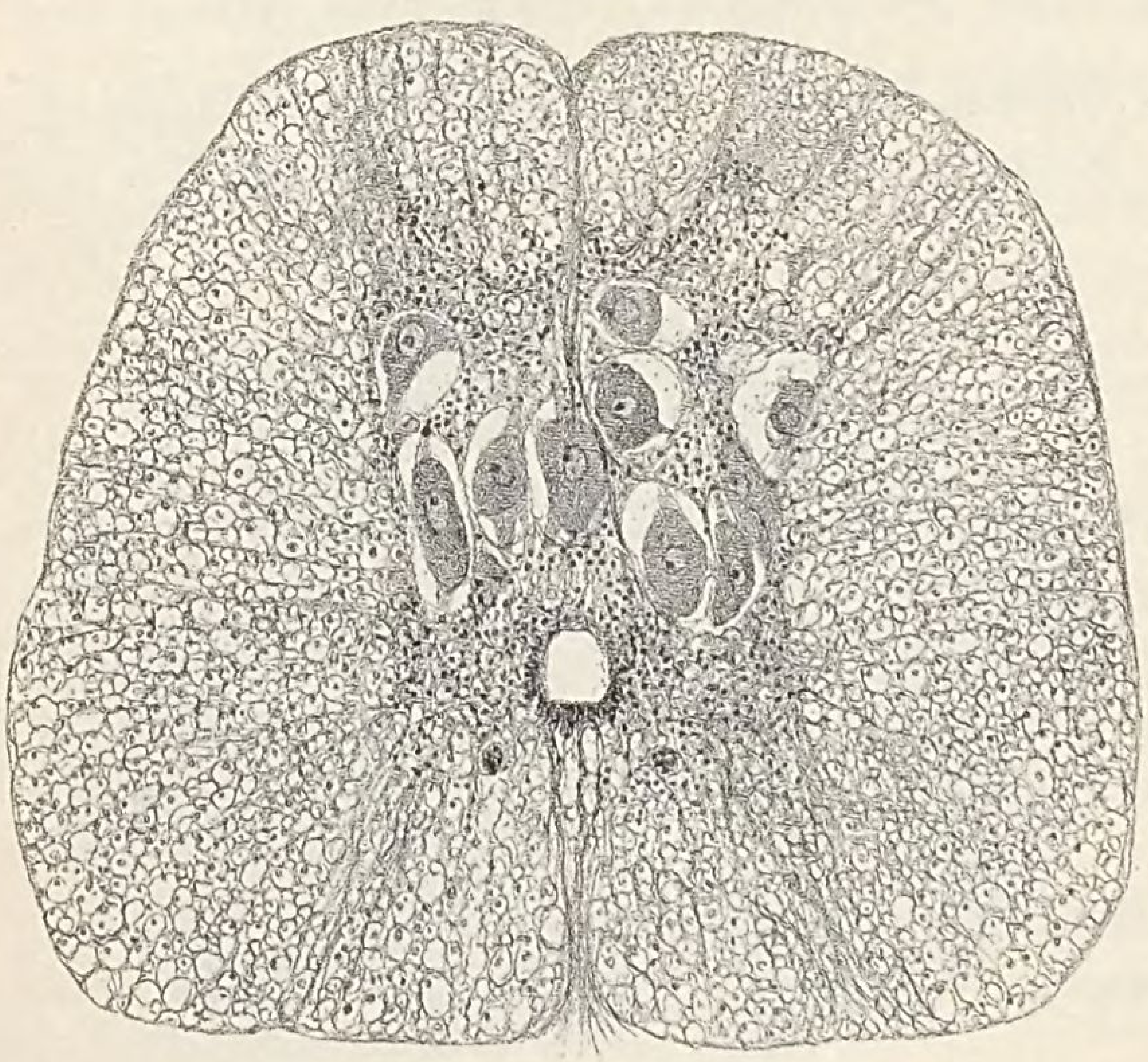


Fig. 431.

Von den sogenannten pseudoelektrischen Fischen kennen wir durch *Fritsch* das Mark der *Mormyriden*. Dasselbe zeigt im thoracalen Abschnitte nichts Eigenthümliches (*ich*), im Schwanztheile dagegen, von dem die elektrischen Nerven abgehen, liegen in der im Querschnitte rundlich viereckigen grauen Substanz grosse multipolare Zellen, die dieselbe fast ganz erfüllen, von welchen die elektrischen Nerven entspringen. Diese bilden an der dorsalen und ventralen Seite der Wirbelsäule je ein Chiasma, so dass die elektrischen Organe von beiden Seiten ihre Nerven erhalten. Ausserdem sollen auch nach *Fritsch* die motorischen Zellen im Marke selbst durch Anastomosen sich verbinden, die vielleicht

Fig. 431. Mark von *Mormyrus spec.* aus der Gegend der elektrischen Organe, vergrössert. Natürliche Grösse 0,71 : 0,59. *Septa lateralia* wie bei *Gymnotus* vorhanden.

Synergien derselben vermitteln. Meine Untersuchungen an einer Art von *Mormyrus* bestätigen diese Angaben von *Fritsch* (s. Fig. 431) und habe ich nur das beizufügen, dass auch hier drei ventrale Gliazüge und eine *Commissura accessoria* vorkommen. Die Zellen selbst maassen bei dem von mir untersuchten *Mormyrus* 38—76 μ, mit Kernen von 15—18 μ und zeigten nichts von den von *Fritsch* beschriebenen Anastomosen, was ich jedoch, obschon ich überhaupt das Vorkommen solcher Anastomosen für sehr unwahrscheinlich halte, nicht besonders betonen will, da mein Exemplar offenbar weniger gut erhalten war, als die von *Fritsch* untersuchten.

e) *Plectognathi.*

Durch *Vignal* und *B. Haller* sind wir mit dem Rückenmark von *Orthagoriscus* und durch *Haller* auch mit demjenigen von *Tetrodon* bekannt geworden, da jedoch beide Forscher keine Gelegenheit hatten, die neueren Methoden anzuwenden, so sind wir auch hier, wie in so vielen Fällen, nicht in der Lage, eine Einsicht in die feineren Verhältnisse zu besitzen.

Das Mark von *Orthagoriscus* besteht aus vier säulenartigen Theilen, die durch Längsfurchen geschieden sind. Aus zwei lateralen Furchen treten die sensiblen Wurzeln heraus und neben der ventralen medianen Furche die motorischen. Die zwei dorsalen Säulen enthalten keine Nervenzellen und nur ganz oberflächlich sehr kleine dorsale Stränge. Dagegen sind im ventralen Abschnitte viele grosse multipolare Zellen enthalten, die eine laterale und eine mediale, neben dem Centralkanale gelegene Gruppe bilden. Von weissen Strängen finden sich hier ebenfalls nur zwei kleine Ventralstränge. Somit würden bei diesem Marke, wie bei Embryonen von manchen Säugern, nur vier nicht verbundene kleine Längsstränge vorliegen und die graue Substanz eine ganz überwiegende Entwicklung zeigen. Dem Baue nach besteht dieselbe, abgesehen von den Zellen, aus Glia- und Nervenfasern, über deren Verhalten keine zuverlässigen Angaben vorliegen, da *Haller*'s Darstellungen eines allgemeinen Nervennetzes im Innern doch wohl nicht als hinreichend begründet anzusehen sind.

Litteratur der Fische. *R. Burckhardt*, Das centr. Nervensystem v. *Protopterus annectens*. Berlin 1892; *G. Fritsch*, Ueber e. bemerkenswerthe Elemente des Centralnervensystems von *Lophius* in Arch. f. mikr. Anat. Bd. 27 und Ber. d. Berl. Akademie 1875. Weitere Beitr. z. Kenntniss der schwach elektr. Fische. Berl. Ber. 1891. Die elektr. Fische. I. *Malapterurus* 1887. Das Gehirn und Rückenmark von *Gymnotus electricus* in *Sachs*' und *Du Bois-Reymond*'s Zitteraal. Leipzig 1881 S. 305—400 Taf. II bis VIII. Ueber den feineren Bau des Fischgehirns. Berlin 1878 Fol. mit 13 Tafeln; *Fulliquet*, Recueil zool. suisse 1886 T. III (*Protopterus annectens*); *N. Goronowitsch*, Das Gehirn und die Cranialnerven von *Acipenser ruthenus* in Morph. Jahrb. 1888 Bd. 13; *B. Haller*, Ueber das Centralnervensystem von *Orthagoriscus mola* in Morph. Jahrb. Bd. XVII 1891; *M. v. Lenhossek*, Beob. an den Spinalganglien und dem Rückenmarke v. *Pristiurus*. Anat. Anz. 1892 Nr. 16, 17; *Mauthner*, Unters. üb. den Bau d. Rückenmarkes der Fische. Wien 1859; *Owsjannikow*, De medullae spinalis textura imprimis in piscibus factit. 1854. Diss.; *Rabl-Rückhardt*, Gehirn d. Knochenfische. Arch. f. Anat. 1882, 1883; *M. Reichenheim*, Ueber d. Rückenmark und d. elektr. Lappen v. *Torpedo*. Berlin 1878; *V. Rohon*, Das Centralorgan des Nervensystems der Selachier in Wien. Denkschr. Bd. 38, 1877. Zur Histiogenese des Rückenmarkes der Forelle. Sitzungsber. d. bayer. Akad. 1884 H. 1; *Sanders*, Contribut. to the anat. of the centr. nerv. Syst. 1886 (Plagiostomen); *L. Stieda*, Ueber das Rückenmark und Gehirn v. *Esox lucius*. Dorp. 1861, Diss. Studien über das centrale Nervensystem der

Knochenfische in Zeitschr. f. w. Zool. Bd. XVIII; *Ussow*, Structure des lobes accéssoires de la moëlle de quelques poissons osseux in Arch. d. Biol. III 1882; *Fr. Viault*, Struct. d. centr. nerveux d. plagiostomes. Arch. d. Zool. V 1876 (Trygon, Torpedo, Scyllium); *Vignal, W.*, Note sur l'anat. des centres nerveux de la mole in Arch. d. Zool. IX 1881 und Sur les lobes accéssoires de la moëlle du mole in Compt. rend. de la societé de Biol. III 1886.

B. Rückenmark der Amphibien.

I. *Urodela* s. *Caudata*.

Aus dieser Abtheilung besitzen wir Mittheilungen über das Mark von *Triton, Proteus* und *Siredon*, denen ich welche über *Siren, Cryptobranchus Amphiuma, Salamandrina, Geotriton, Siredon* und *Proteus* anreihen kann.

Die gröbere Gesammtanordnung der grauen und weissen Substanz betreffend, so steht das Rückenmark dieser Geschöpfe im Allgemeinen den embryonalen Zuständen des Markes näher, als dasjenige der meisten Fische, indem die graue Substanz vorwiegend aus Elementen besteht, die als Abkömmlinge des primitiven Ependyms zu betrachten sind, ja in gewissen Fällen, wie bei *Salamandrina, Triton, Geotriton, Proteus* und selbst *Siredon*, sozusagen einzig und allein aus solchen zu bestehen scheint, die um den Centralkanal und sein Ependym herum zu einer zusammenhängenden, im Querschnitte beiläufig dreieckigen Masse angeordnet sind, die ihre Basis an der ventralen Seite und ihre Spitze an der dorsalen Mittellinie besitzt. In den einfachsten Fällen, bei *Proteus, Geotriton, Triton*, ist von einer Ausbildung von grauen Hörnern keine Spur vorhanden, wenn auch die ventralen Ecken der grauen Substanz den ventralen Hörnern entsprechen, während bei *Siredon*, wie bereits *Stieda* angab, dorsale und ventrale Säulen wenigstens angedeutet sind.

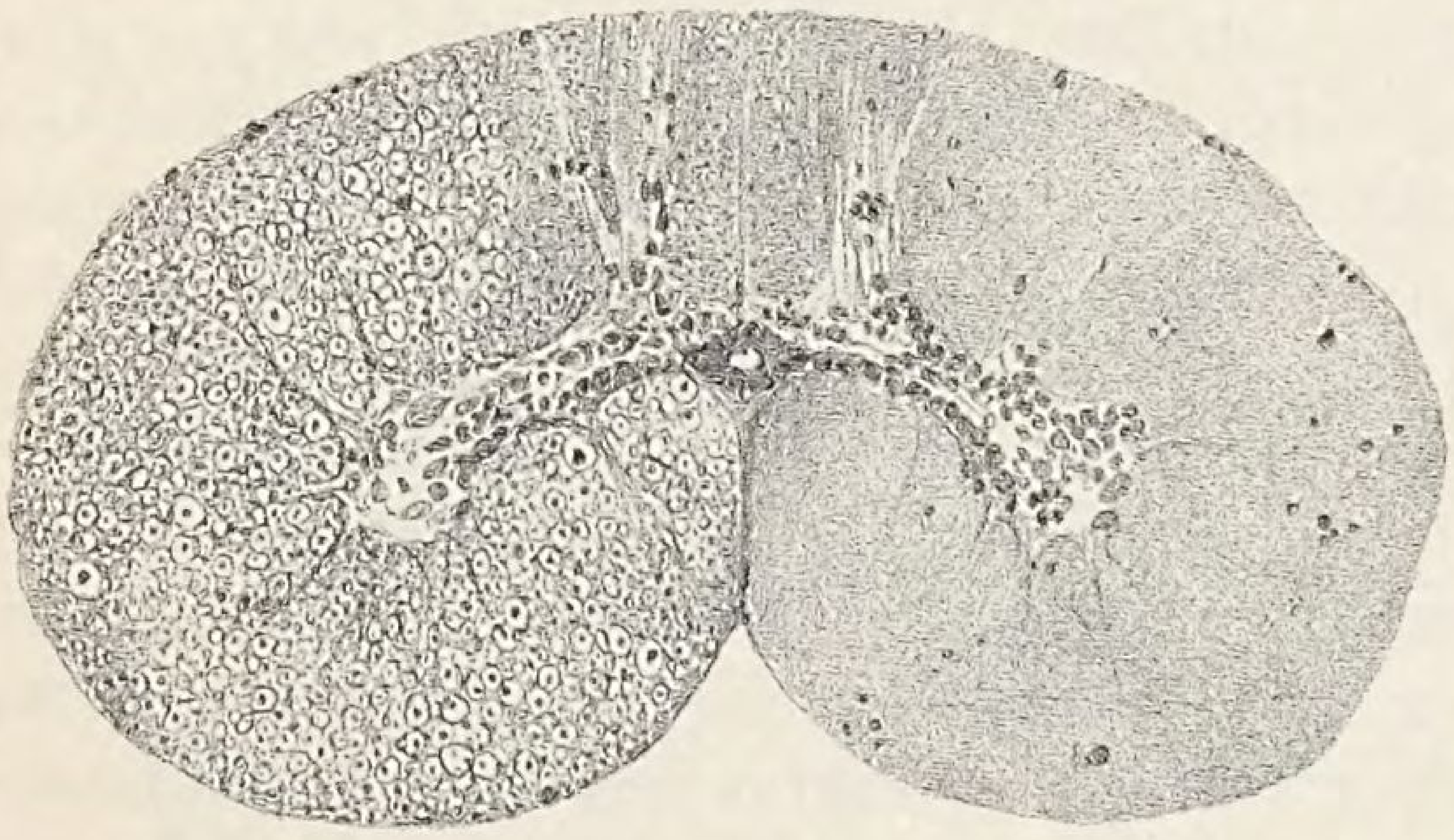


Fig. 432.

Bei *Siren, Amphiuma* und *Cryptobranchus* ist die graue Substanz weiter entwickelt, reicher an Nervenzellen und ärmer an Ependymelementen und zugleich die Gesammtform des Querschnittes in auffallender Weise demjenigen des Markes von *Petromyzon* und *Myxine* ähnlich, nur etwas weniger in die Quere gezogen und im *Diameter dorso-ventralis* dicker.

Die Nervenzellen sind bei den einfachsten Formen (*Salamandrina, Geotriton*) sehr spärlich und schwer zu sehen, doch fehlt die laterale Gruppe grösserer Zellen nie und finden sich auch mediale, in der Höhe des Centralkanales stehende Elemente von geringerer Grösse, wie es scheint, ausnahmslos, dagegen sind dorsale Nervenzellen nur bei den höheren Formen zu finden. Bei *Triton* beschreibt *Burckhardt* in der dorsalen Mittellinie eine Reihe alter-

Fig. 432. Mark von *Siren lacertina* mit einer Furche an der ventralen Seite. Natürliche Grösse 1,5 : 0,85 mm.

nierend gestellter grosser Zellen, die ihren nervösen Fortsatz abwechselnd in die rechten und linken sensiblen Wurzeln senden und von *Proteus* schildert und bildet *Klaussner* einen Ursprung von sensiblen Wurzelfasern von zahlreichen kleinen dorsalen Zellen ab. Mir war es bei *Siredon*, ebensowenig wie *Stieda*, möglich etwas von solchen Zellen zu sehen, dagegen fand ich bei *Siren* Verhältnisse, die an die von *Triton* geschilderten erinnerten. (Siehe unten.) Von den lateralen Zellen sah *Burckhardt* bei *Triton* Aeste in die weisse Substanz abgehen, die unzweifelhaft, ebenso wie die von demselben Autor bei *Protopterus* gefundenen, Dendriten waren, die die weisse Substanz durchziehen und wahrscheinlich bis zur Oberfläche derselben sich erstrecken.

Am ausgebildetsten sind die Nervenzellen unter allen bis jetzt untersuchten *Urodelen* bei *Siren* und *Amphiuma*. Die lateralen Zellen erkennt man am besten

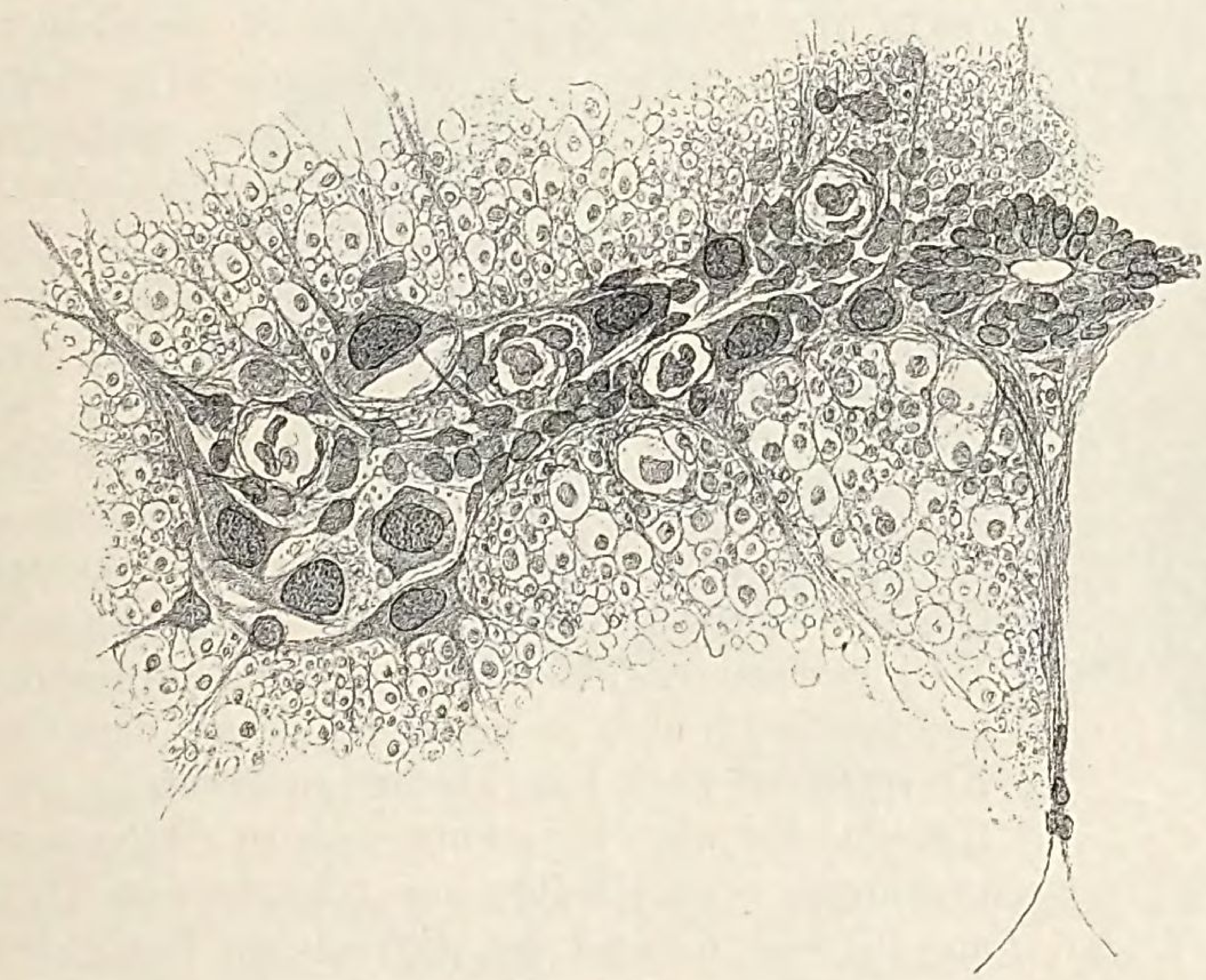


Fig. 433.

an Frontalschnitten, an welchen dieselben ganz an diejenigen von *Petromyzon, Myxine* und *Protopterus* durch ihre bedeutende Zahl, ihre Grösse, (Länge 38—95 μ, Breite 20—30 μ, Kerne 20—38 μ) und ihre quere Stellung erinnern. Auch hier zeigen solche Schnitte, was ich nachträglich auch für die andern eben genannten Gattungen betone, keine Spur einer segmentalen Anordnung der betreffenden Zellensäule, dagegen lassen sich an vielen Orten die Achsencylinder dieser Zellen in ihrem Uebergange in die motorischen Wurzeln verfolgen.

Ausser diesen Zellen (Fig. 433), finden sich einmal kleinere mediale Zellen neben dem Centralkanale von 20—36 μ Länge mit länglichen Kernen von 15—20 μ, deren Achsencylinderfortsätze dorsal- und lateralwärts gerichtet

Fig. 433. Aus einem Querschnitte von *Siren*. Dargestellt sind der Centralkanal, die linke Hälfte der grauen Substanz mit Zellen und Gefässen und die angrenzenden Theile der weissen Substanz mit dem *Septum ventrale*.

erscheinen, und zweitens grössere runde Zellen in der Nähe des Centralkanales theils neben demselben, theils an seiner dorsalen Seite, aber mehr vereinzelt, welche vielleicht den *Freud*'schen Zellen des *Petromyzon* und den von *Burckhardt* bei *Triton* gefundenen sog. Hinterzellen zu vergleichen sind. Noch auffallender sind eine sehr bedeutende Zahl bipolarer und multipolarer Zellen, die meist ganz oberflächlich vor allem in den Dorsalsträngen, aber auch in den Seitensträngen und, wenn auch selten, in den Ventralsträngen ihre Lage haben. Diese Elemente sind zum Theil von sehr bedeutender Grösse (76—95 μ lang, 23—35 μ breit), z. Th. kleiner, doch kaum unter 22—26 μ. Ihr Protoplasma ist homogen von eigenthümlichem Glanze, der Kern gross (22—30 μ lang, 20— 25 μ breit) immer körnig, selten mit deutlichem Nucleolus und die Fortsätze meist sehr deutlich vom Charakter der Achsencylinder der Nervenfasern der weissen Substanz und oft ziemlich weit bis zu 100 μ und darüber in den Strängen zu verfolgen. Diese durch ihre Lage, Gestalt und Grösse merkwürdigen Elemente liegen mit ihrer Längsachse meist der Achse des Markes parallel oder etwas schief gegen die Medianebene geneigt und glaube ich in einigen Fällen dieselben mit dorsalen Wurzelfasern an der Eintrittsstelle derselben in das Mark in Verbindung gesehen zu haben, während sie in der Mehrzahl der Fälle weiter von derselben entfernt ihre Lage hätten. Diese Wurzelfasern theilen sich auch bei *Siren*, wie überall bei Fischen und Amphibien, wie *Stieda* zuerst beobachtete, bei ihrem Eintritte in das Mark in einen cerebral- und einen caudalwärts gerichteten Ast und zweifle ich nicht im geringsten daran, dass die einzelnen Nervenfasern auch hier Theilungen besitzen, die selbst an Karminpräparaten andeutungsweise zu erkennen waren. Die genannten grossen Zellen nun erinnern zum Theil gar sehr an die von *Freud* bei *Petromyzon* beschriebenen bipolaren Zellen, die auch oberflächlich in den sensiblen Strängen liegen und wären dieselben, wenn diese Deutung sich als richtig ergäbe, unstreitig die am leichtesten zu verfolgenden Ursprungszellen sensibler Wurzelfasern im Marke selbst, doch kann ich nicht umhin, zu bemerken, dass einer solchen Auffassung gewichtige Bedenken entgegenstehen. Diese liegen für mich weniger in der Deutung der Zellen als Nervenzellen, indem die naturgetreue Abbildung derselben (Fig. 434) gewiss Jedem deutlich machen wird, dass gute Gründe vorliegen, diese Elemente für nervöse zu halten, wohl aber in dem Vorkommen dieser Zellen auch in den oberflächlichen Schichten des Seitenstranges und Ventralstranges, ferner in dem Umstande, dass neben bipolaren solchen Zellen, die allerdings in der Mehrzahl sich finden, auch multipolare vorkommen und zwar wie mir schien vor allem im Ventralstrange. Aus dieser Thatsache geht jedenfalls so viel hervor, dass



Fig. 434.

Fig. 434. Eine oberflächlich am Dorsalstrange von *Siren* liegende Zelle (Nervenzelle?), starke Vergr.

sicher nicht alle diese Elemente als den sensiblen Wurzeln angehörend betrachtet werden können. Auch die Frage habe ich reiflich erwogen, ob die betreffenden Zellen von *Siren* nicht etwa, wie die *Burckhardt*'schen Zellen von *Protopterus*, die Bedeutung von Gliazellen haben, ohne dabei zu einem bestimmten Ergebnisse zu kommen.

Die weissen Stränge des Urodelenmarkes zeigen nichts besonderes mit Ausnahme des Vorkommens von *Mauthner*'schen Fasern bei *Siredon* und *Triton* nach *Stieda*'s von *Sclavunos* und *Burckhardt* bei letzterem und von *mir* bei *Siredon* bestätigten Entdeckung (Fig. 435), welche Fasern nach *Stieda* nicht soweit sich erstrecken, wie bei Fischen und im verlängerten Marke sich kreuzen. Von Kommissuren finden sich in manchen Fällen, *Triton*, *Siren*, eine dorsale und eine ventrale, erstere in der grauen Substanz, in andern nur eine ventrale (*Siredon*).

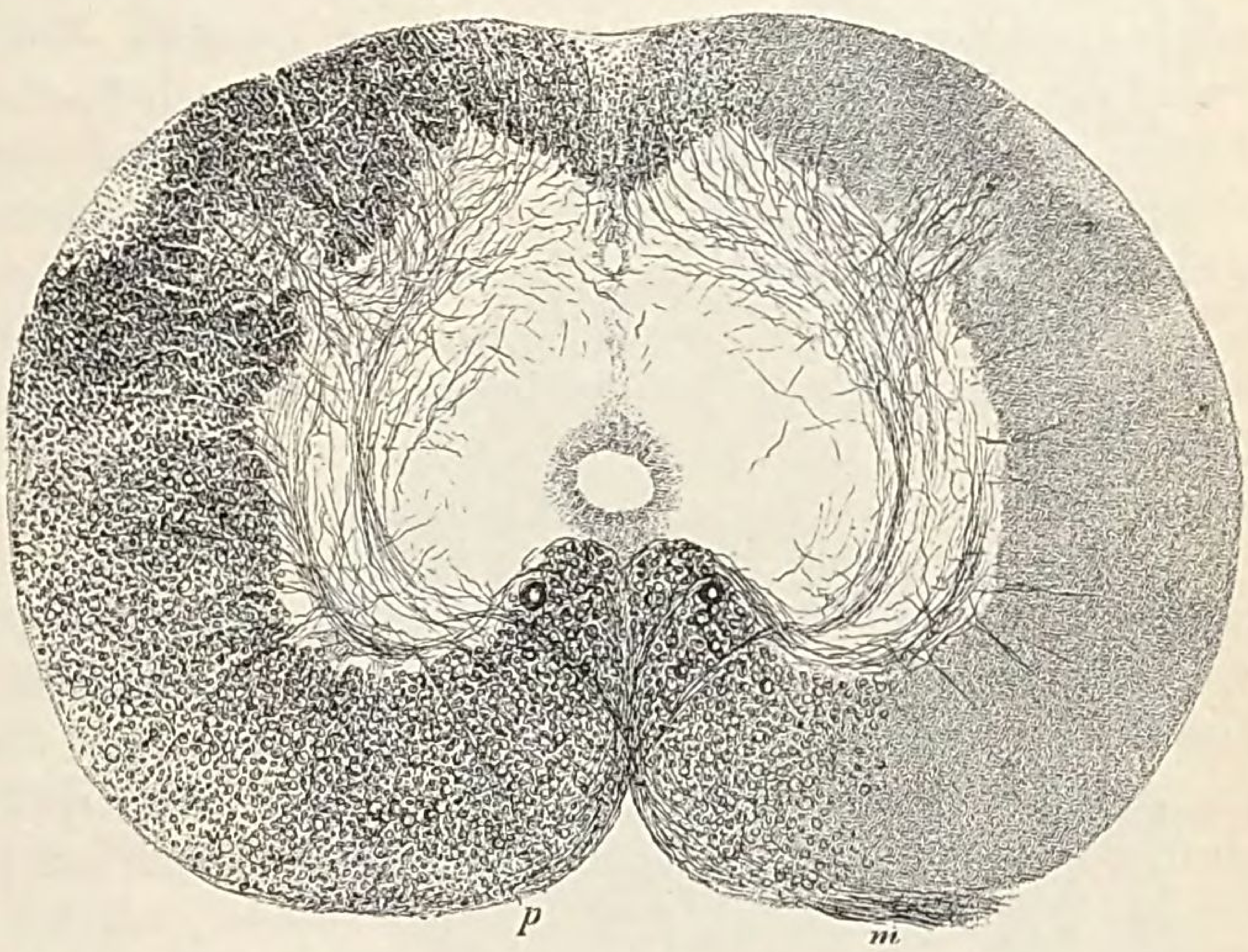


Fig. 435.

Der feinste Bau des Markes der *Urodelen* ist bis jetzt nur von *Sclavunos* bei *Triton* und *Siredon* untersucht worden, dessen Angaben ich einige eigene an die Seite stellen kann. Mit Silber wies *Sclavunos* Theilungen der sensiblen Wurzelfasern und Collateralen aller Stränge nach, Angaben, die ich bestätigen kann, dagegen gelang es weder ihm noch mir, Zellen zu versilbern und muss ich ganz allgemein das Mark erwachsener Fische und *Urodelen* als der *Golgi*'schen Methode gegenüber sehr renitent bezeichnen. Sehr leicht färben sich dagegen die Gliaelemente und habe ich bei *Siredon* nahezu so vollkommene Versilberungen der Ependymfasern bekommen, wie bei Batrachiern und Embryonen von Säugern. Diese einzigen Gliaelemente, von denen auch *Sclavunos* berichtet, gehen durch das ganze Mark hindurch, beginnen mit unregelmässigen Zellenkörpern in der Nähe des Centralkanales, verästeln sich nach ihrem Eintritte in

Fig. 435. Mark von *Siredon* aus der Bauchgegend quer (*Weigert*) Natürliche Grösse: Mark 1,64 : 1,25 mm, graue Substanz Querdurchmesser 0,85 mm, Lumen des Centralkanales 0,11—0,14 mm. In den Ventralsträngen die Kreuzungskommissur und die *Mauthner*'schen Fasern sichtbar. Die Fasern der Kommissur gehen bei *p* in eine oberflächliche Faserlage über, *m* motorische Wurzeln.

die weisse Substanz unter spitzen Winkeln, je weiter nach aussen, um so reichlicher und enden dicht an der *Pia mater* mit kleinen Anschwellungen. Färbungen der Ependymzellen selbst erhielt ich nie und ebensowenig fand ich sternförmige Gliazellen, wie *Lavdowsky* solche von Batrachiern abbildet.

Die Behandlung des Markes von *Siredon* nach *Weigert* ergab Verhältnisse, die die Fig. 435 darstellt. Einmal zeigte sich zwischen beiden Ventralsträngen, jedoch nicht oberflächlich, sondern mehr in der Tiefe, wie eine Kreuzung dieser Stränge. Dorsalwärts liefen die gekreuzten Fasern unter einer S-förmigen Biegung in die graue Substanz aus und zogen dann bogenförmig in der lateralen Hälfte derselben dorsalwärts, um mit ähnlichen Zügen sich zu mischen, die von den Eintrittsstellen der sensiblen Wurzeln herkamen. Alle diese Fasern waren dunkelrandig und zum grössten Theile von der feinsten Art. Andere feinste Fäserchen kamen allerwärts aus den Seitensträngen und den Ventralsträngen heraus, so dass überall wie feine Geflechte entstanden, die vor allem im Ventralhorne um die grossen lateralen Zellen herum und in den Dorsalhörnern entwickelt waren. Ausser diesen in reichlicher Menge vorhandenen markhaltigen Fäserchen der lateralen oder oberflächlichen Hälfte der grauen Substanz fanden sich solche auch, aber viel spärlicher, um den Centralkanal herum zwischen den hier vorkommenden Gliazellen.

Sehr auffallend war es mir Fortsetzungen der ventralen Kreuzungskommissur an der Oberfläche der Ventralstränge längs der Ventralspalte zu finden, welche horizontalen Fäserchen an der freien Fläche der Ventralstränge weiter lateralwärts zogen und noch an den Seitensträngen eine Strecke weit dorsalwärts zu verfolgen waren. Die Herkunft dieser circummedullären Lage von Fäserchen, die an ähnliche Bildungen beim Frosche und den Reptilien (s. unten) erinnerte, war übrigens nicht genau zu ermitteln, nämlich ob dieselben von gekreuzten Fasern oder von Fasern derselben Seite ausgehen, und werden erst Untersuchungen an Larven mit *Golgi*'s Methode hierüber genaue Auskunft geben, über die ich später an einem anderen Orte hoffe berichten zu können.

Die *Mauthner*'schen Fasern von *Siredon* sind Nervenfasern von 30—40 μ Durchmesser mit einem einfachen Achsencylinder von 20—25 μ, die an der dorsalen medialen Seite der ventralen Kreuzungskommissur liegen.

II. *Ecaudata.*

Aus dieser Abtheilung besitzen wir nur über den Frosch und die Kröte Untersuchungen, unter denen die älteren von *v. Kupffer*, *Reissner* und von *Stieda* die ausführlichsten sind. Dieselben beziehen sich jedoch mehr nur auf das, was an gewöhnlichen gefärbten Schnitten zu sehen ist und liegt ihr Hauptverdienst in der genauen Schilderung der Grösse, der Formen und der Vertheilung der Nervenzellen, sowie der Nervenwurzeln. Ueber die feineren Verhältnisse hat erst die neueste Zeit durch die Arbeit von *C. Sala* wichtige Aufschlüsse geliefert, der zum ersten Male die *Golgi*'sche Methode auf dieses Mark anwandte und auch die erste Abbildung eines *Weigert*'schen Präparates gab, in welcher Beziehung auch *Lavdowsky* zu nennen ist.

Ueber die äussere Gestalt des Querschnittes des Froschrückenmarks giebt die Fig. 436 genügenden Aufschluss, ebenso die Fig. 437 über die Beschaffen-

heit der grauen Substanz, so dass von einer in's Einzelne gehenden Beschreibung Abstand genommen werden kann. Verglichen mit dem Marke höherer Wirbelthiere ist das Auffallendste die grosse Tiefe in dorso-ventraler Richtung der centralen, beide Rückenmarkshälften verbindenden grauen und weissen Substanz. Hier findet sich einmal eine sehr entwickelte *Commissura alba* mit gekreuzten Fasern in ihrem ventralen Theile, einfachen Kommissurenfasern im dorsalen Abschnitte. Dann folgt der enge Centralkanal mit seinem Ependym und hierauf eine in dorso-ventraler Richtung ausgedehnte, aber lockere dorsale Kommissur. Vom Centralkanale geht nach dem Grunde der ventralen Spalte ein deutliches Septum von Ependymfasern, während an der dorsalen Seite ein solches Septum nur schwach angedeutet ist. Der Centralkanal und die beiden Septa sind von einer hellen Substanz, dem *Septum medium* von *Reissner*, umgeben, die wie ein breiterer, dorso-ventraler, lichter Raum von der ventralen Kreuzungskommissur bis zu den Spitzen der dorsalen Hörner reicht und fast ganz aus Neuroglia besteht.

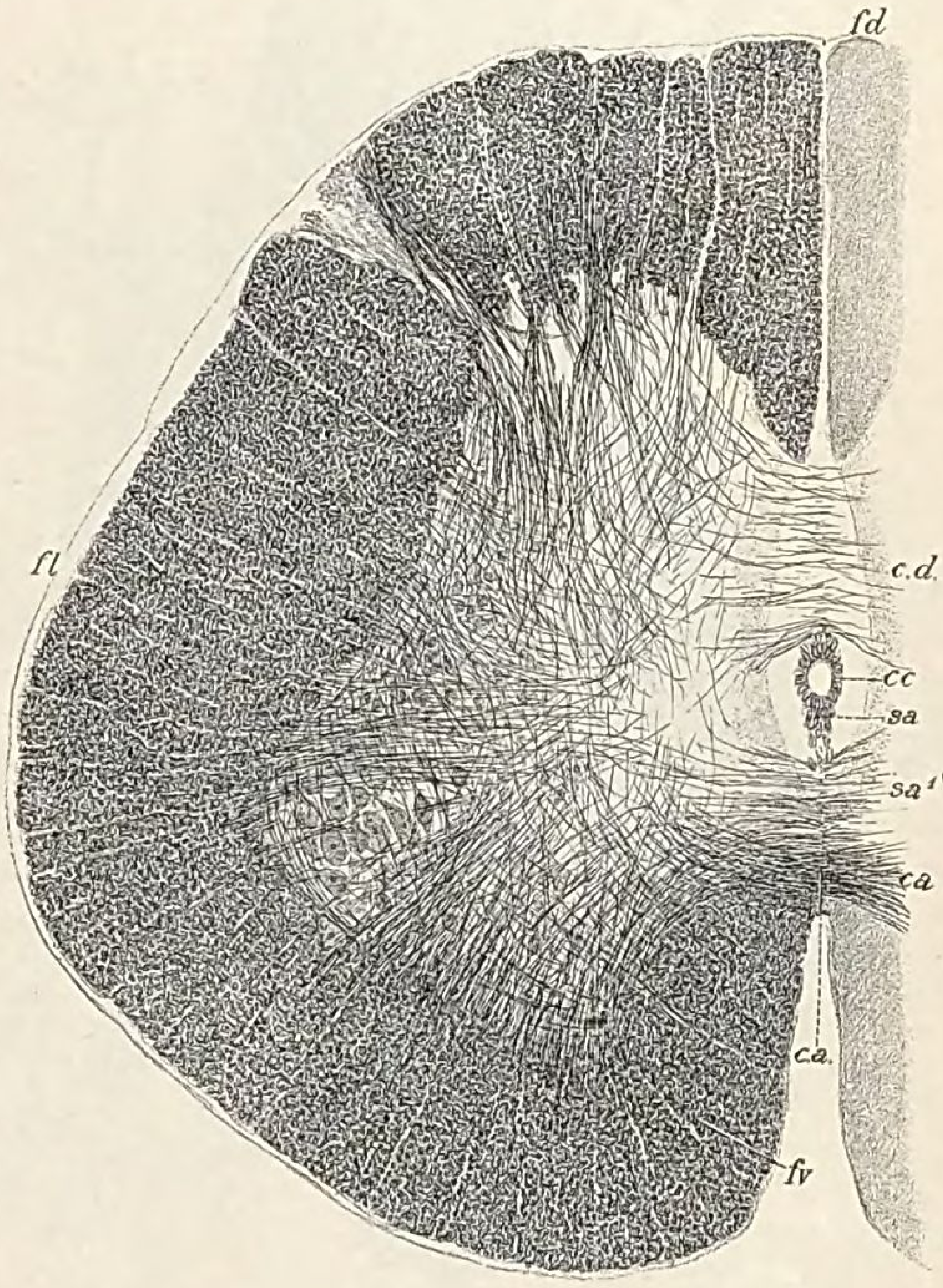


Fig. 436.

In der grauen Substanz ist im Allgemeinen die grosse Menge von Nervenzellen bemerkenswerth, wenn man das Mark der *Ecaudata* mit dem der *Urodelen* vergleicht, welcher Menge auch die relativ viel grössere Masse der grauen Substanz selbst entspricht. Neben diesen Zellen finden sich auch eine bedeutende Zahl von Gliazellen vor allem um den Centralkanal herum und im *Septum medium*, doch sind in vielen Fällen diese Elemente nur schwer von Nervenzellen zu unterscheiden, wie man schon längst weiss. Ich deute im Allgemeinen alle rundlichen Zellen mit wenig Protoplasma und kleinen Kernen als Gliazellen, alle spindelförmigen und dreieckigen Elemente mit grösseren Kernen als Nervenzellen.

Was nun die Vertheilung der letzteren betrifft, so ist die Zahl derselben so gross und ihre Vertheilung der Art, dass nur Eine gut begrenzte Gruppe

Fig. 436. Rückenmark der *Rana temporaria*, Halsanschwellung, quer nach *Weigert*. Durchmesser des Markes: Breite 2,56 mm, *Diam. dorso-ventralis* 2,93 mm. *fv Funiculus ventralis*, *fl Fun. lateralis*, *fd Fun. dorsalis*, *cc* Centralkanal, *sa Septum ventrale*, *ca* gekreuzte ventrale Kommissur, *sa'* quere *Commissura alba*, *cd Commissura dorsalis*. Im Ventralhorne ein Theil der grossen Nervenzellen sichtbar.

aufgestellt werden kann, die der lateralen ventralen oder motorischen Zellen, die auch bei *Rana* und *Bufo* in derselben Gestalt, Lagerung und Grösse sich finden, wie bei den meisten Fischen und den *Caudata* (Fig. 437). In der Nähe dieser Zellen finden sich bis zur Medianebene dicht am ventralen Strange mittelgrosse und kleinere, oft querliegende Elemente, die ventralen medialen Zellen. Dann folgen viele Mittelzellen seitlich vom Centralkanale in der Mitte zwischen beiden Hörnern, doch fehlt, wenigstens in der Gegend der Halsanschwellung, eine Gruppe, die den *Clarke*'schen Säulen an die Seite gestellt werden könnte. Endlich unterscheide ich die dorsalen Zellen, die in grosser Anzahl das dorsale Horn erfüllen. Die letztgenannten zwei Abtheilungen umfassen kleine, mittelgrosse und, wenn auch seltener, einzelne grössere Zellen, unter denen besonders welche an der dorsalen Grenze der Dorsalhörner sich fanden, den lateralen dorsalen Zellen der Säuger vergleichbar. Von den dorsalen Zellen senden nach *Sala* einzelne ihren Achsencylinder in den Dorsalstrang. Bei *Rana halecina* und *pipiens* fand *Mason* im distalen Theile der Armanschwellung unmittelbar dorsalwärts vom Centralkanale nahe dem lateralen Rande der grauen Substanz eine Gruppe von Nervenzellen mittlerer Grösse, die sich durch die kreisrunde Form ihrer Kerne auszeichnen. Eine ähnliche Gruppe kleinerer Zellen (von 0,012—0,015 mm) findet sich auch im mittleren Theile des *Conus medullaris*. Beide Gruppen werden den *Clarke*'schen Säulen verglichen (?). Ferner weist *Mason* nach, dass die motorischen Nervenzellen in der Lendenanschwellung grösser sind als in der Brachialanschwellung.

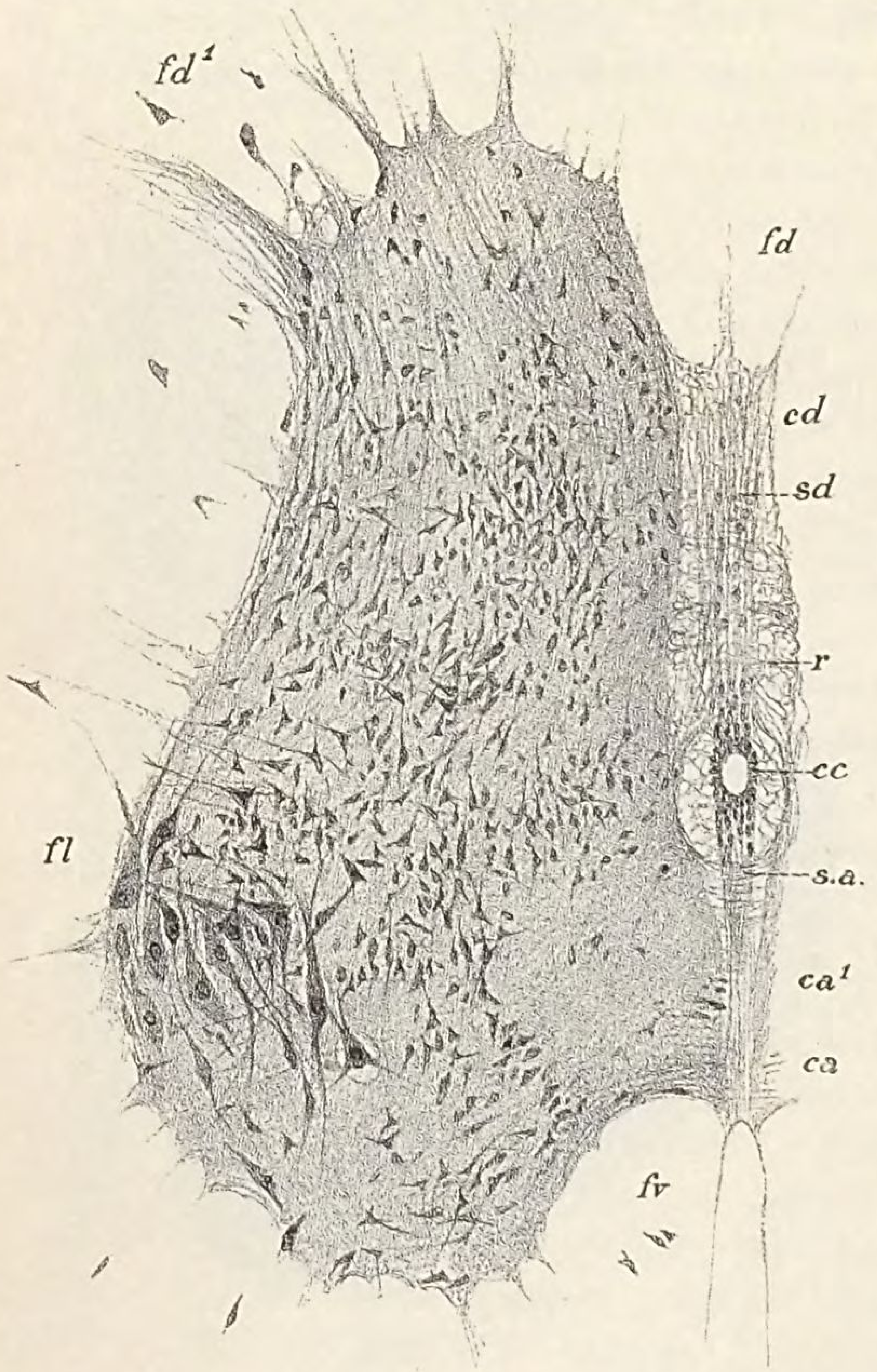


Fig. 437.

Noch bemerke ich, dass die sensiblen Wurzeln meist stärkere Fasern enthalten und dass auch in den Dorsalsträngen solche Elemente nicht fehlen.

Fig. 437. Graue Substanz eines Querschnittes der Halsanschwellung des Markes von *Rana temporaria*, Nigrosinpräparat, mittl. Vergr. Buchstaben wie bei Fig. 436, ausserdem *r* *Substantia reticularis centralis* (Gliagerüst), *fd'* lateraler Theil des *Fasciculus dorsalis* mit einigen Nervenzellen, *ca*¹ quere *Commissura alba*.

Eine *Lissauer*'sche feinfaserige Randzone fehlt beim Frosche. Ferner ist erwähnenswerth, dass, wie schon *Reissner* meldet, einzelne Nervenzellen auch theilweise oder ganz innerhalb der weissen Stränge liegen. Ich glaube so etwas im lateralen Theile der Dorsalstränge gesehen zu haben (Fig. 437), doch ist es nicht immer leicht, Nervenzellen und Gliazellen zu unterscheiden.

Wenden wir uns nun zum feineren Baue des Froschmarkes, so lehren schon die *Weigert*'schen Präparate, wie ich mit *Sala* finde (Fig. 436), dass auch hier die graue Substanz eine ungemeine Menge von Collateralen enthält, die von allen drei Strängen ausgehen und wesentlich denselben Verlauf zeigen,

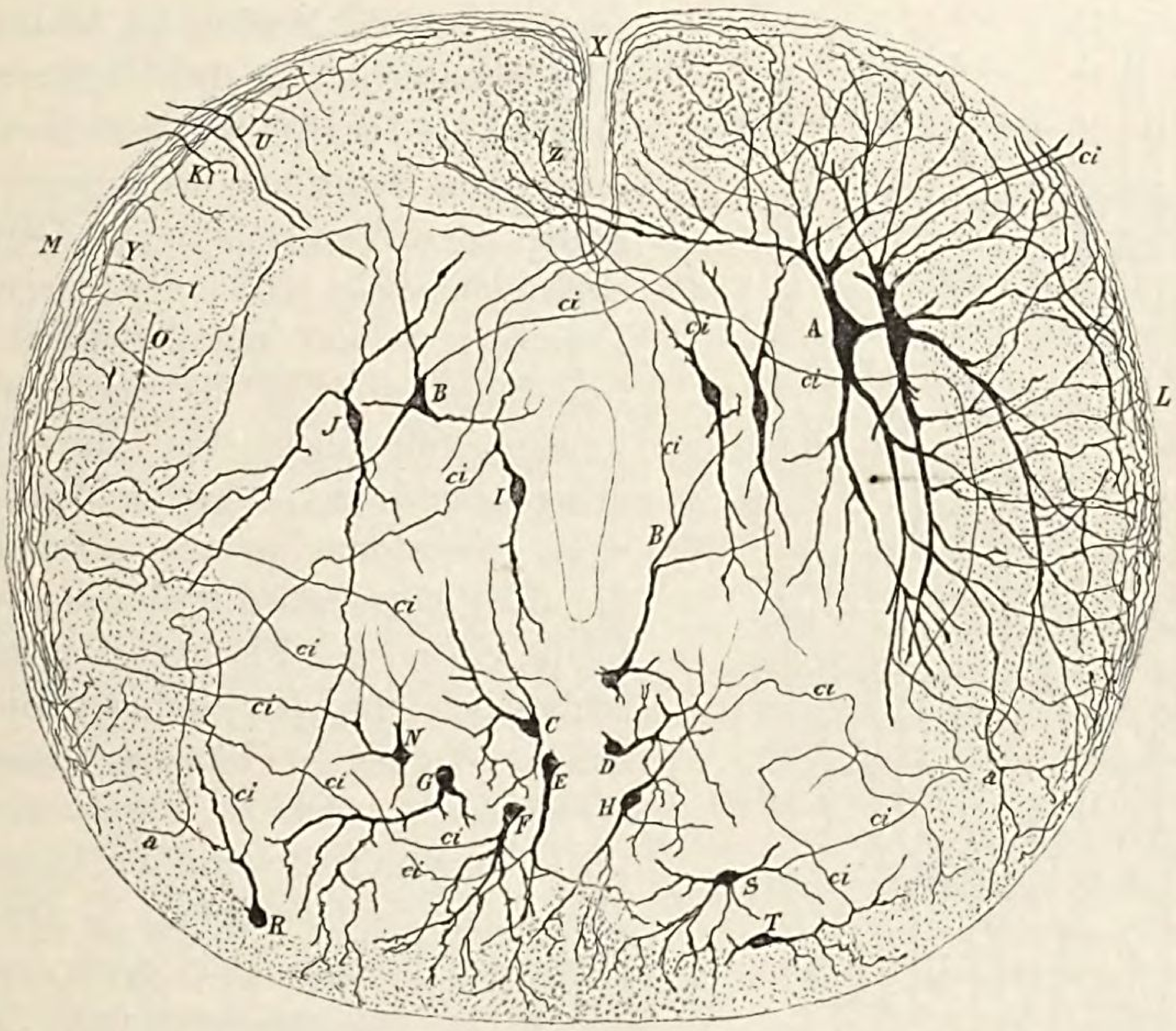


Fig. 438.

wie bei höheren Geschöpfen. Sehr deutlich sind vor allem die Reflexcollateralen, aber auch diejenigen der ventralen und Lateralstränge erweisen sich als ungemein zahlreich und die grossen lateralen Nervenzellen werden ebenfalls von dichten Geflechten feinster Nervenfasern umsponnen, wie die Fig. 436 sie zeigt. Zu diesen Collateralen zählen auch die Fasern der dorsalen Kommissur, an der

Fig. 438. Querschnitt des Markes einer Larve von *Bufo* (Cervicaltheil), vergr. *A* Motorische Zellen mit ihren die *Commissura ventralis* kreuzenden Fortsätzen *Z*, ihren in dem circummedullaeren Plexus übergehenden lateralen Dendriten *L* und den nervösen Fortsätzen *ci*. *B C D E H* Zellen der *Clarke*'schen Säulen, von denen der Achsencylinder von *B* bis zur ventralen Kommissur und der von *C* zum Seitenstrange zu verfolgen war. *N G S* Zellen vom Scheitel des Dorsalhornes, deren Achsencylinder zum Seitenstrang führen. *B* Zelle der Substanz von *Rolando* zum Seitenstrang. *I* Randzelle zum Seitenstrang. *I J* Zellen des ventro-lateralen Stranges. *V* Zelle zum *Plexus circummedullaris* mit einem neben der *Fissura ventralis* verlaufenden Achsencylinder. *M* circummedullaerer nervöser Plexus. *L* von Dendriten gebildeter Theil dieses Plexus. *O* Interstitielle Collaterale in der weissen Substanz. *U* Ventrale Wurzelfasern. *K* Ventrale Wurzelfaser, die sich zu theilen schien. *ci* Achsencylinder. Nach *Cl. Sala*.

Sala ohne Grund drei Abtheilungen unterscheidet, wogegen die Fasern der *Commissura alba* wohl nur zu einem Theile aus Collateralen der ventralen Stränge, einem andern Theile nach aus nervösen Fortsätzen von Strangzellen bestehen.

Noch deutlicher als *Weigert-Pal'*sche Präparate bringt Versilberung des Markes bei Larven die Collateralen und alle anderen durch *Golgi* und *Ramón* bei höheren Geschöpfen gefundenen Verhältnisse hervor, von den Theilungen der sensiblen Wurzeln an bis zu dem Verhalten der Nervenzellen zu den Strängen und motorischen Wurzeln, und betone ich daher hier nur die Besonderheiten des Markes der *Ecaudata*. Das Eigenthümlichste ist das Vorkommen eines cirkummedullären Plexus von Endigungen von Dendriten der grossen lateralen Zellen der Ventralhörner. Diese Zellen entsenden (Fig. 438) die meisten ihrer Dendriten in den lateralen Theil der Ventralstränge und in die Seitenstränge, in welchen dieselben bis zur Oberfläche dringen und hier, oberflächlicher als die weisse Substanz, in einer schmalen Zone, die an *Weigert'*schen Präparaten ungefärbt bleibt, ein reiches Flechtwerk erzeugen und schliesslich ohne Anastomosen-Bildung frei enden. In dieses Geflecht, dessen selbstverständlich marklose Fasern theils quer, theils longitudinal verlaufen und nie, wie *Lavdowsky* behauptet, in Strangfasern übergehen, setzen sich auch, wie schon auf S. 127 angegeben wurde, besondere, von *Ramón* entdeckte, nach aussen tretende Collateralen von Seitenstrangfasern fort und enden in demselben mit reichen Verästelungen, ein Verhalten, das, wie wir bereits wissen, *Ramón* zu dem Beweise diente, dass Dendriten von Nervenenden beeinflusst werden und ihre Erregungen cellulipetal ihren Nervenzellen übertragen.

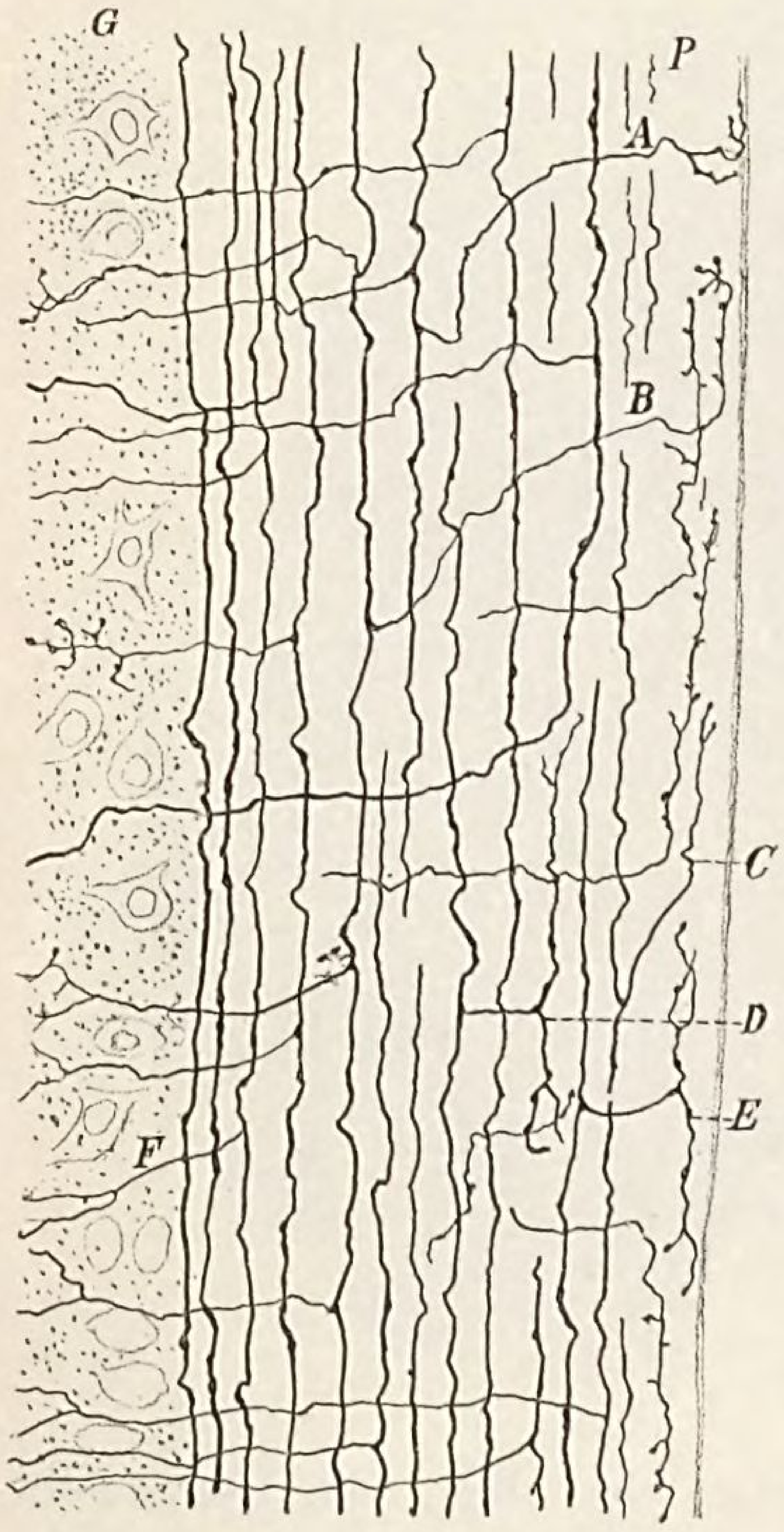


Fig. 439.

In Betreff einiger z. Th. noch nicht zu deutender oder seltenerer Verhältnisse, die sich auf diesen circummedullären Plexus beziehen, den *Ramón* zuerst bei Eidechsen und *Lavdowsky* bei ungeschwänzten Batrachiern entdeckte, verweise ich auf die ausführliche Arbeit von *Cl. Sala* und erwähne nur, dass die Verhältnisse dieses Plexus dadurch noch verwickelter werden, dass auch

Fig. 439. Längsschnitt des Seitenstranges des Markes einer älteren Froschlarve. Nach *Cl. Sala*. *A B C* äussere oder peripherische Collateralen. *D* Interstitielle Collateralen. *E* Aeussere Collaterale, die sich in einen auf- und einen absteigenden Schenkel spaltet. *F* Innere Collateralen. *G* Graue Substanz.

die Enden der Ependymfasern denselben durchziehen, welche bei *Rana* und *Bufo* nach der leicht zu bestätigenden Entdeckung von *Lavdowsky* und *Cl. Sala* in derselben primitiven Form sich finden, wie bei den Embryonen höherer Thiere (*Sala* Fig. 7), in der Art, dass die betreffenden Zellenkörper nur selten noch bis an die Höhlung des Centralkanales reichen, sondern ungefähr ebenso von demselben abstehen, wie beim Menschen und Schafe (Fig. 409, 410). Ausser diesen Fasern, die gegen die Oberfläche des Markes ungemein zierlich sich verästeln, zeichnet *Lavdowsky* noch eine ungemeine Menge sternförmiger *Golgi*'scher Zellen, die *Cl. Sala* nicht finden konnte. Mir ist es bisher ebenso ergangen, doch zweifle ich nicht im geringsten an der Richtigkeit der Angaben des genannten Autors, da an mit Karmin oder Nigrosin gefärbten Präparaten von *Rana* eine bedeutende Zahl von Gliazellen in allen Strängen, sowohl im Innern als an deren Oberfläche angetroffen werden.

Litteratur der Amphibien. *E. Berger*, Ein eig. Rückenmarksband einiger Reptilien und Amphibien. Wiener Sitzungsber. 1878; *Bidder* u. *Kupffer*, Unters. über d. Textur des Rückenmarks 1857; *K. R. Burckhardt*, Hist. Unters. am Rückenmark der *Tritonen*. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 34, 1889; *J. Gaule*, Zahl und Verbreitung der markhaltigen Fasern im Froschrückenmark; *F. Klaussner*, Das Rückenmark des *Proteus anguineus*. Abh. d. bayr. Akad. Bd. 14, 2. Abth., 1883; *Koelliker*, Bau des Rückenmarks bei niederen Wirbelthieren. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. IX 1858; *M. Köppen*, Zur Anatomie des Froschgehirns in Arch. f. Anat. 1888; *C. v. Kupffer*, De Medullae spinalis textura in ranis. Dorp. 1854; *Lavdowsky*, Vom Aufbaue des Rückenmarks in Arch. f. mikr. Anat. Bd. 38; *J. J. Mason*, In the New-York medical Journal 1879 (Neue Gruppen von Nervenzellen bei *Rana pipiens* und *Rana halecina*). — Microsc. Stud. on the centr.-nerv.-Syst. of reptiles and batrachians in Journ. of mental diseases 1880 u. 1881 (mir nicht zugängig); *Reissner*, Der Bau des centr. Nervensystems d. ungeschwänzten *Batrachier*. Dorpat 1864; *Cl. Sala*, Estructura de la médula espinal de los Batracios. Barcelona 1892; *G. Sclavunos*, Beitr. z. feineren Anatom. d. Rückenmarks der Amphibien in Festschr. f. *Koelliker* 1892; *L. Stieda*, Studien über d. centr. Nervensystem der Wirbelthiere (Frosch, Hund, Kaninchen) in Zeitschrift für wiss. Zool. Bd. XX, 1870. — Centr. Nervensystem d. *Axolotl* in Zeitschrift für wiss. Zool. Bd. 25; *E. Traugott*, Beitr. z. Anat. d. Rückenmarks von *Rana temporaria*. Dorpat 1861; *W. Waldeyer*, Ueber den Achsencylinder in *Henle*'s Zeitschr. 3. R. Bd. XX S. 234 Taf. I Fig. 4a (Froschrückenmark).

C. Rückenmark der Reptilien.

Aus dieser Gruppe liegen nur wenig Untersuchungen vor, von denen die Bemerkenswerthesten von *Ramón y Cajal* mit der *Golgi*'schen Methode bei der Eidechse (*Lacerta agilis*) gewonnen wurden. Ausserdem sind die Beobachtungen von *Stieda* an Karminpräparaten von Schildkröten und die von *Schaffer* mit Hilfe der *Weigert*'schen Methode bei *Anguis fragilis* und einer Schlange (*Tropidonotus natrix*) erwähnenswerth. Ich selbst habe Karminpräparate einer Schildkröte und eines *Python* und *Weigert*'sche Färbungen der grossen *Lacerta ocellata* untersucht.

Legen wir ein Karminpräparat der näheren Beschreibung zu Grund (Fig. 440), so ergiebt sich, dass bei Reptilien die wesentlichsten Verhältnisse der *Ecaudata* wiederkehren und dass namentlich die Gruppe der lateralen Ventralhornzellen den Fischtypus zeigt, sowohl was die Form und Grösse und auch die Lagerung der betreffenden Zellen betrifft, sowie dass auch die centrale graue Substanz einen bedeutenden Raum einnimmt, während doch die Hörner selbst gut entwickelt

sind und namentlich auch, zum ersten Male, wie es scheint, eine deutliche und mächtige *Substantia gelatinosa* auftritt. Beachtung verdient ferner a) das Vorkommen zweier starker Bündel von Längsfasern an der dorsalen Seite der Ventralstränge zwischen dem Centralkanale und der *Commissura alba* bei *Lacerta agilis* (*R. Cajal* Fig. 11) und *Lacerta ocellata* (*ich*), von welchen Bündeln die Blindschleiche (*Schaffer* Fig. 1—4) nur ganz schwache Andeutungen zeigt, während dieselben bei der Natter, der Schildkröte und bei *Python* ganz fehlen, und b) das Auftreten von zwei dorsalen Längsbündeln im cervicalen und caudalen Theile des Markes bei *Lacerta* (*Giuliani* pag. 150, Fig. 1, 3, 4).

Bezüglich auf den feineren Bau so ergeben die Untersuchungen von *R. Cajal* eine solche Uebereinstimmung einerseits mit den *Ecaudata*, andererseits mit den Vögeln und Säugern, dass von einer genaueren Schilderung ganz Umgang genommen werden kann und nur folgendes hervorzuheben ist. Die Theilungen der sensiblen Wurzeln, das Vorkommen und die Verbreitung der Collateralen scheinen wie überall sich zu gestalten, doch ist über die letzteren bisher nur wenig bekannt. Dagegen findet sich der circummedullaere Plexus von Dendriten wie beim Frosche (*Ramón y Cajal* Fig. 11), ferner Kreuzungen von Dendriten in der *Commissura alba* und *grisea*. Auch die Zellen, soweit dieselben verfolgt sind, zeigen Bekanntes und so lässt sich wohl mit grosser Wahrscheinlichkeit behaupten, dass der Bauplan des Markes der Reptilien im Wesentlichen mit dem der *Ecaudata* übereinstimmt und auch von demjenigen der höheren Wirbelthiere nur in Nebensächlichem abweicht.

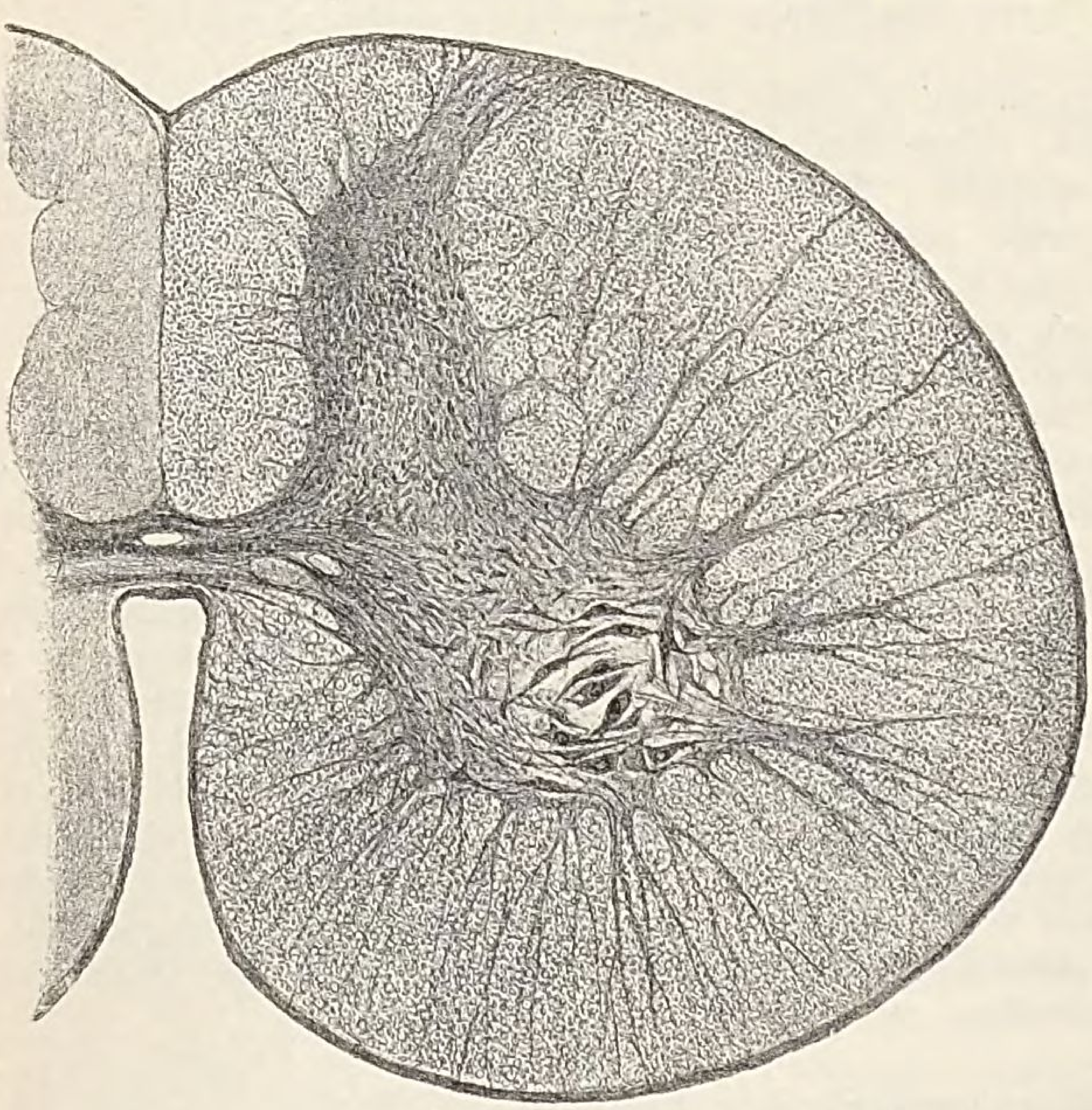


Fig. 440.

Die nach *Weigert* gefärbten Präparate dienen zur Unterstützung und Erweiterung des von *Cajal* Gefundenen und lässt sich besonders aus den von *Schaffer* bei der Natter und von *mir* bei *Lacerta ocellata* erhaltenen Bildern schliessen, dass die Collateralen sich ebenso verhalten wie beim Frosche und selbst bei Säugern, in welcher Beziehung eine Vergleichung der Fig. 6 von *Schaffer* mit meinen Fig. 385, 386, 387 von *Golgi*'schen Präparaten von Säugern und

Fig. 440. Halsmark von *Testudo spec.* quer. *Diam. transversus* 2,56 mm., *Diam. dorso-ventralis* 1,48 mm.

vom Menschen besonders lehrreich ist. Hätte *Schaffer* seine verdienstlichen Untersuchungen auf Embryonen ausgedehnt und hier der *Golgi*'schen Methode sich bedient, so hätte er sich sicherlich überzeugt, dass gewisse seiner Schlussfolgerungen unmöglich aufrecht zu halten sind, wie die Annahme von Fasern, die vom Seitenstrange zum gekreuzten Ventralstrange ziehen und die eines gekreuzten Ursprunges der ventralen Wurzeln u. a. m.

Die Neuroglia zeigt nach *Ramón y Cajal* einmal lange Ependymfasern von embryonalem Typus und ausserdem auch *Golgi*'sche Zellen in der weissen Substanz (Fig. 12).

Litteratur der Reptilien. *Giuliani*, Sulla struttura del midollo spinale della *Lacerta viridis*. Ricerche fatte nel Labor. di Anat. di Roma Vol. II 1878; *J. Grimm*, Ueber das Rückenmark von *Vipera berus* in *Reichert* u. *du Bois-Reymond*'s Archiv 1864; *C. Lüderitz*, Ueb. d. Rückenmarkssegment in Arch. f. Anat. u. Entw. 1881 S. 423 Taf. XVIII (Mark v. *Coluber natrix* Fig. 1, 2, 3); *Rabl-Rückhard*, Das Centralnervensystem d. Alligators in Zeitschr. f. w. Zool. Bd. 30, 1878 S. 340; *Ramón y Cajal*, La médula espinal de los reptiles in Pequennas contrib. 1891 S. 43; *K. Schaffer*, Vgl. anat. Unters. über Rückenmarkfaserung. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 38 (Blindschleiche, Ringelnatter); *L. Stieda*, Ueb. d. centr. Nervensyst. d. Schildkröte in Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 25, 1875.

D. Rückenmark der Vögel.

Das Mark der Vögel ist in seinen gröberen Verhältnissen und in dem, was ohne die neuern Methoden von seinem feineren Baue zu ermitteln war, durch *Metzler* und *Stieda* gut bekannt, es sind jedoch die Abweichungen von dem, was die Reptilien und Säuger zeigen, so geringfügig, dass auf dieselben nicht näher eingegangen zu werden braucht. Das Eigenthümlichste ist eine sehr bedeutende Entwicklung der centralen grauen Substanz und ein Zurücktreten der Dorsalhörner, ferner das Vorkommen einer mächtigen dorsalen Einbuchtung, dem fälschlich sogenannten *Sinus rhomboidalis*, in der Lendengegend (*N. Guillot, Metzler, Stieda*), die von einer von *Leydig* als gallertiger Bindesubstanz aufgefassten Masse eingenommen wird. Nach *Duval* besteht übrigens dieses Gewebe aus blasigen Zellen, die Abkömmlinge der Elemente des Medullarrohres sind und weder histologisch noch embryologisch mit der Pia zusammengehören. Ueber den feinsten Bau des Markes der Vögel haben erst die neuesten Untersuchungen mit der *Golgi*'schen Methode besonders durch *Cajal* nähere Aufschlüsse geliefert, über die nicht weiter zu berichten ist, da dieselben die nämlichen Verhältnisse ergeben haben, wie bei den Säugethieren und verweise ich daher nur auf die in dieser Beziehung vorliegenden Abbildungen und Beschreibungen, die schon bei Besprechung des Markes der Säugethiere verwerthet wurden.

Da bis anhin noch keine Abbildung des Markes eines Vogels nach der *Weigert*'schen Methode vorliegt, so gebe ich in Fig. 441 eine solche von dem caudalen Theile der Halsanschwellung der Taube und bemerke über dieselbe folgendes: Die graue Substanz zeigt vier Hauptkerne von Nervenzellen 1. einen lateralen ventralen sehr grossen Kern mit grossen Zellen, der wesentlich mit den motorischen Wurzeln in Verbindung ist, 2. einen kleinen medialen ventralen Kern mit kleineren Zellen an der lateralen Seite der ventralen Kreuzungskommissur, 3. einen mittleren grösseren Kern an der medialen Seite der vorspringenden Ecke des Seitenstranges in der Höhe

des Centralkanales und 4. die *Clarke'schen* Säulen an der lateralen ventralen Seite der Spitzen des Dorsalstranges mit mittelgrossen Zellen. Im übrigen ist die graue Substanz eben so reich an gröberen, feinen und feinsten markhaltigen Fasern, wie diejenige der Säuger, und unterscheidet man mit Leichtigkeit ausser den motorischen Wurzelfasern die aus allen Strängen in dieselbe eintretenden Collateralen, ferner die reichen feinen Fasergeflechte in den *Clarke*-schen Säulen und in den andern Nervenkernen. Von Kommissuren ist die ventrale Kreuzungskommissur ungemein deutlich und stark, eine dorsale Kommissur dagegen nur in nächster Nähe der Dorsalstränge und sehr schwach angedeutet. Eine eigenthümliche Bildung, die beim Huhne zu fehlen scheint, ist ein kleines Feld an der Oberfläche des Seitenstranges, in dem eine gewisse Zahl

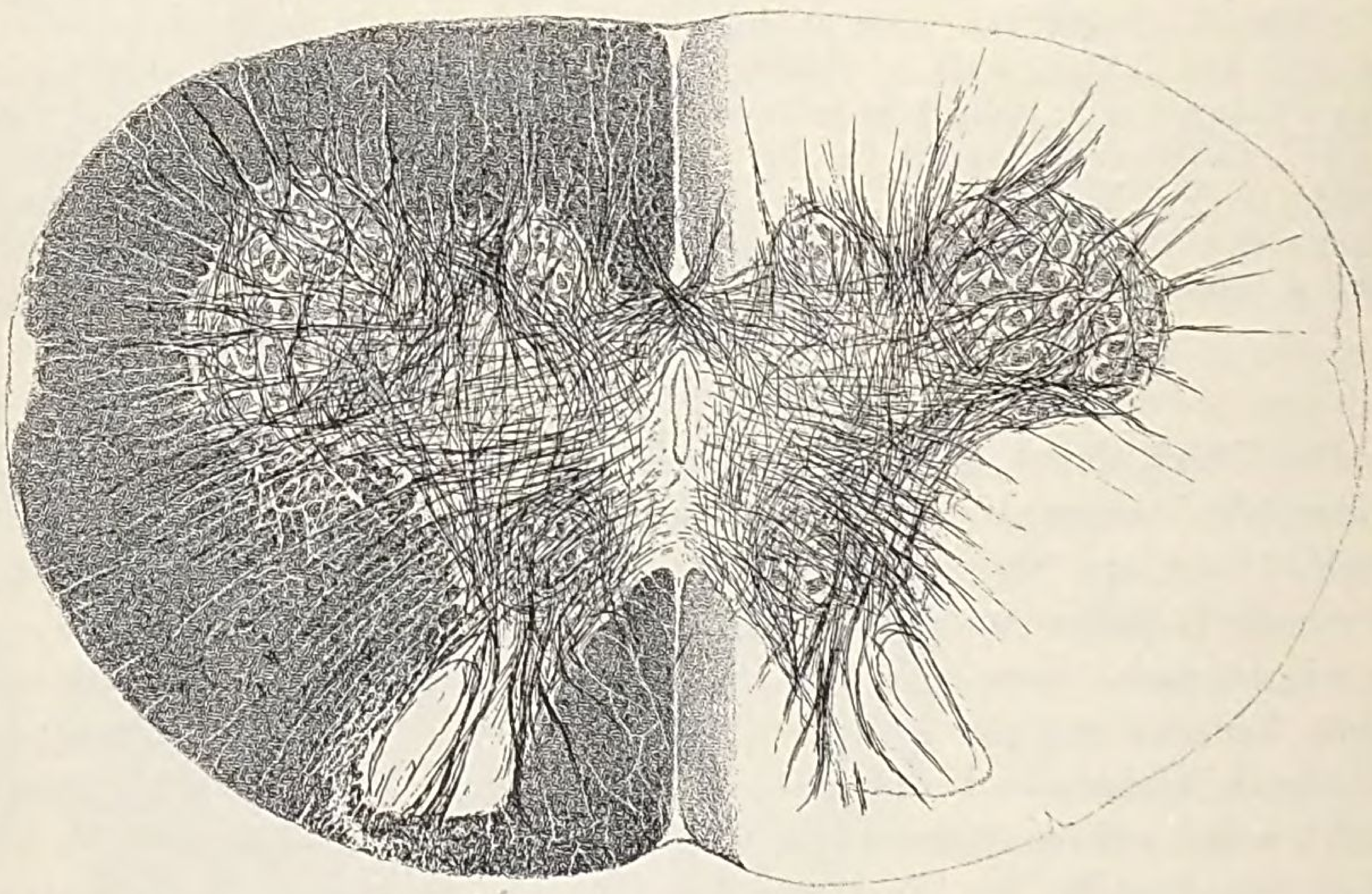


Fig. 441.

feinster, longitudinal, schief und horizontal verlaufender markhaltiger Nervenfasern sich finden, die an den circummedullären Plexus der niedern Wirbelthiere erinnern.

Litteratur der Vögel. *M. Duval*, Rech. s. le sinus rhomboidal des oiseaux in Journ. de l'Anat. 1877 p. 1, 4 Tafeln; *Metzler*, De medullae spinalis avium textura. Dorpati 1855, Diss.; *L. Stieda*, Stud. über das centrale Nervensystem der Vögel und Säugethiere in Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 19, 1869 (Huhn, Maus). Die ältere Litteratur bei *Stieda*, die neueste oben § 127.

E. Rückenmark der Säugethiere.

Es wäre unstreitig von hohem Interesse, das Rückenmark der Säugethiere genauer zu untersuchen, indem schon aus dem Wenigen, was bis jetzt bekannt

Fig. 441. Querschnitt des Rückenmarkes der Taube nach *Weigert*. Die sehr zahlreichen Fasern verhalten sich wesentlich ebenso wie bei den Säugern und zerfallen in Collateralen aller Stränge, in Strangfasern und motorische Wurzelfasern. Natürliche Grösse 4,1 : 2,8 mm.

ist, sich ungeahnte Verschiedenheiten von dem menschlichen Typus ergeben, doch sind wir leider noch in den allerersten Stadien dieser Forschungen. Die wichtigste bis jetzt ermittelte Thatsache ist der von *Stieda* zuerst und dann durch *v. Lenhossek* gelieferte Nachweis, dass bei der Maus nur Eine Pyramidenbahn sich findet und dass diese in den Dorsalsträngen an der ventralen Spitze derselben verläuft. Ferner ist die von *v. Lenhossek* bei der Maus und von *mir* beim Hunde gefundene Lage der *Clarke*'schen Säulen an der ventralen Seite der Dorsalstränge bemerkenswerth, mit der zugleich beim Hunde eine Vereinigung der *Substantiæ gelatinosæ* oder eine Verschmelzung derselben zwischen den *Clarke*'schen Säulen und den Dorsalsträngen vergesellschaftet war (S. 87). Weiter mache ich auf die sorgfältigen Untersuchungen *Waldeyer*'s über das Gorillamark und auf *Kaiser*'s Beobachtungen über das Halsmark aufmerksam, aus denen mannigfache Eigenthümlichkeiten des Markes der Säuger gegenüber demjenigen des Menschen sich ergeben, die vorläufig sich nicht deuten lassen. Von Werth sind auch die Untersuchungen von *Lüderitz* über das Mark des Kaninchens und die segmentale Anordnung seiner Theile. Beachtung verdient von seinen Angaben die, dass die grossen multipolaren Zellen der Ventralhörner in den langen Segmenten des Dorsaltheiles mit ihrem grössten Durchmesser der Länge nach gerichtet sind, während dieselben in den kürzeren Abschnitten der Hals- und Lendenanschwellung sternförmig sind, was nach *Lüderitz* auch beim Menschen zutrifft.

Bei weiteren Untersuchungen wird es sich vor allem empfehlen, wie *v. Lenhossek* dies zuerst betonte, die Entwicklung der Fasersysteme des Markes im Sinne von *Flechsig* zu untersuchen, was am besten an der Hand der *Golgi*'schen und *Weigert*'schen Methode geschehen wird, wie dies bereits früher (S. 71) auseinandergesetzt wurde. Ferner wird für die Ermittlung des Faserverlaufes, wie bisher, eine sorgfältige Bearbeitung des Markes verschiedener Typen unter Anwendung der *Golgi*'schen Methode und von Experimenten obenan zu stellen sein und kann erwähnt werden, dass die *Golgi*'sche Methode schon jetzt eine Reihe Eigenthümlichkeiten aufgedeckt hat, von denen ich nur das verschiedene Verhalten der Collateralen der motorischen Wurzelfasern (S. 89), die wechselnden Formen der grauen Kommissur (S. 86), der Collateralen der nervösen Fortsätze der Strangzellen (S. 96), der Enden der nervösen Fortsätze dieser Zellen und der Dendriten besonders in der Nähe der Kommissuren hier aufzähle, um zu zeigen, dass hier noch viel zu ermitteln und genauer festzusetzen ist.

Litteratur der Säugethiere. *E. Bochmann*, Beitrag zur Histologie des Rückenmarks. Dorpat 1860, Diss.; *Cunningham*, The spinal nervous system of the porpoise and dolphin. Journal of Anatomy and Phys. XI; *O. Kaiser*, Die Funktionen der Ganglienzellen des Halsmarkes, Haag 1891; *v. Lenhossek*, Untersuchungen über das Rückenmark der Maus in Archiv für mikroskop. Anatomie 1889, Bd. XXXIII S. 71; *C. Lüderitz*, in Archiv für Anatomie und Entw. 1881; *Schiefferdecker*, Beitr. z. Kenntn. d. Faserverlaufes im Rückenmarke in Arch. f. mikr. Anatomie Bd. X 1874 (Hund); *L. Stieda*, Die bei den Vögeln und Amphibien citirten Arbeiten; *Waldeyer*, Das Gorilla-Rückenmark. Berlin 1889; *Zincone*, Nota su alc. particolarità del midollo spinale del bue, Note anatomiche Napoli 1877.

§ 131.

Medulla oblongata. Indem hier die *Medulla oblongata* in gewohnter Weise vom Beginne der Pyramidenkreuzung bis zum *Pons* gerechnet wird, soll

keineswegs behauptet werden, dass im *Pons* mit einem Male ein ganz durchgreifender Wechsel der Verhältnisse beginne, vielmehr ist sicher, dass auch hier graue und weisse Substanz sich findet, die entschieden dem Typus der *Medulla oblongata* folgt, nichts destoweniger erscheint eine Trennung gerechtfertigt, indem die Querfasern der Brücke mit der in derselben gelegenen grauen Substanz doch eine wesentliche Aenderung im Baue dieser Theile bewirken.

Die *Medulla oblongata* ist zwar die unmittelbare Fortsetzung der *Medulla spinalis* und anfänglich scheinbar wenig erheblich von den obersten Theilen dieser verschieden, immerhin zeichnet sich dieselbe auch für die oberflächliche Beobachtung dadurch aus: 1. dass in ihr graue Substanz sich findet, die auf keinen Fall in einer unmittelbaren Beziehung zu den austretenden Nerven steht, wie in den Oliven, Nebenoliven, den Pyramidenkernen u. s. w., 2. dass massenhaft horizontal und schief aufsteigende Fasersysteme in ihr vorkommen, welche einem guten Theile nach sich kreuzen, und 3. dass Beziehungen zu anderen Hirntheilen vor allem dem kleinen Gehirne durch besondere Faserabtheilungen sich finden. Die feinere Untersuchung ergiebt, dass wahrscheinlich noch andere Unterschiede vorkommen, vor allem der, dass viele Fasern der Rückenmarksstränge in ihren grauen Massen ihr Ende erreichen, von welchen dann neue Systeme leitender Fasern zu höheren Theilen sich begeben.

Behufs einer klaren Darstellung der verwickelten Verhältnisse der *Medulla oblongata* ist es das Zweckmässigste, zuerst einfach die Vertheilung und das Verhalten der grauen und weissen Substanz in derselben zu schildern und dann erst die wahrscheinlichen Beziehungen beider zu einander zu besprechen.

Zu dem Ende theilen wir diesen Hirntheil in zwei Unterabschnitte, von denen der erste die Pyramidenkreuzung und den Anfang der Schleifenkreuzung umfasst und bis zum Anfang der Olive sich erstreckt, während der zweite von hier bis zur Brücke reicht und den *Calamus scriptorius* oder die Gegend, wo der Centralkanal sich öffnet und die Gesammtmasse der Olive und ihre Nebenkerne enthält.

§ 132.

Gegend der Pyramidenkreuzung und Anfang der Schleifenkreuzung. Um die Eigenthümlichkeiten dieser Gegend deutlich zu machen, ist es am besten, in besonderen Querschnitten erst die Pyramidenkreuzung und dann die Schleifenkreuzung darzustellen.

A. Pyramidenkreuzung.

Fig. 442 stellt einen Schnitt durch den Anfang der Pyramidenkreuzung dar in einer Gegend, in welcher noch die beiden Wurzeln des *N. cervicalis* I vorhanden sind. In der grauen Substanz sind die Ventralhörner noch gut entwickelt und besitzen Andeutungen einer seitlichen Ausbuchtung. Sehr mächtig ist scheinbar die *Substantia gelatinosa centralis*, die hier einen offenen Centralkanal enthält, doch finden sich in derselben zu beiden Seiten des Centralkanales und dorsalwärts davon längs des Seitenstranges bis zum Anfange

des Dorsalhornes grössere Nervenzellen, die ich wie *Obersteiner* (Fig. 110, 111) noch als den ventralen angehörig betrachte, obschon dieselben, die neben dem Centralkanale einen mehr rundlichen Haufen bilden, durch die Bündel der Pyramidenkreuzung von den übrigen Theilen des Ventralhornes mehr weniger abgeschnitten sind. Ferner enthält die hinter dem Centralkanale gelegene Substanz eine grosse Anzahl longitudinal, schief und an den Spitzen der Dorsalstränge auch transversal verlaufender feinster Nervenfasern. Sehr eigenthümlich sind die Dorsalhörner. Einmal sind dieselben mehr zur Seite gerückt, so dass ihre Enden viel weiter von einander abstehen, als die Ventralhörner und dann bestehen dieselben nur aus einem langen, schmalen, lateralwärts gebogenen Halse und einem stark verbreiterten Apex, der ganz und gar von der *Substantia gelatinosa* gebildet wird und häufig wie an der lateralen Seite des Halses ansitzt oder wenigstens an dieser Seite entwickelter ist.

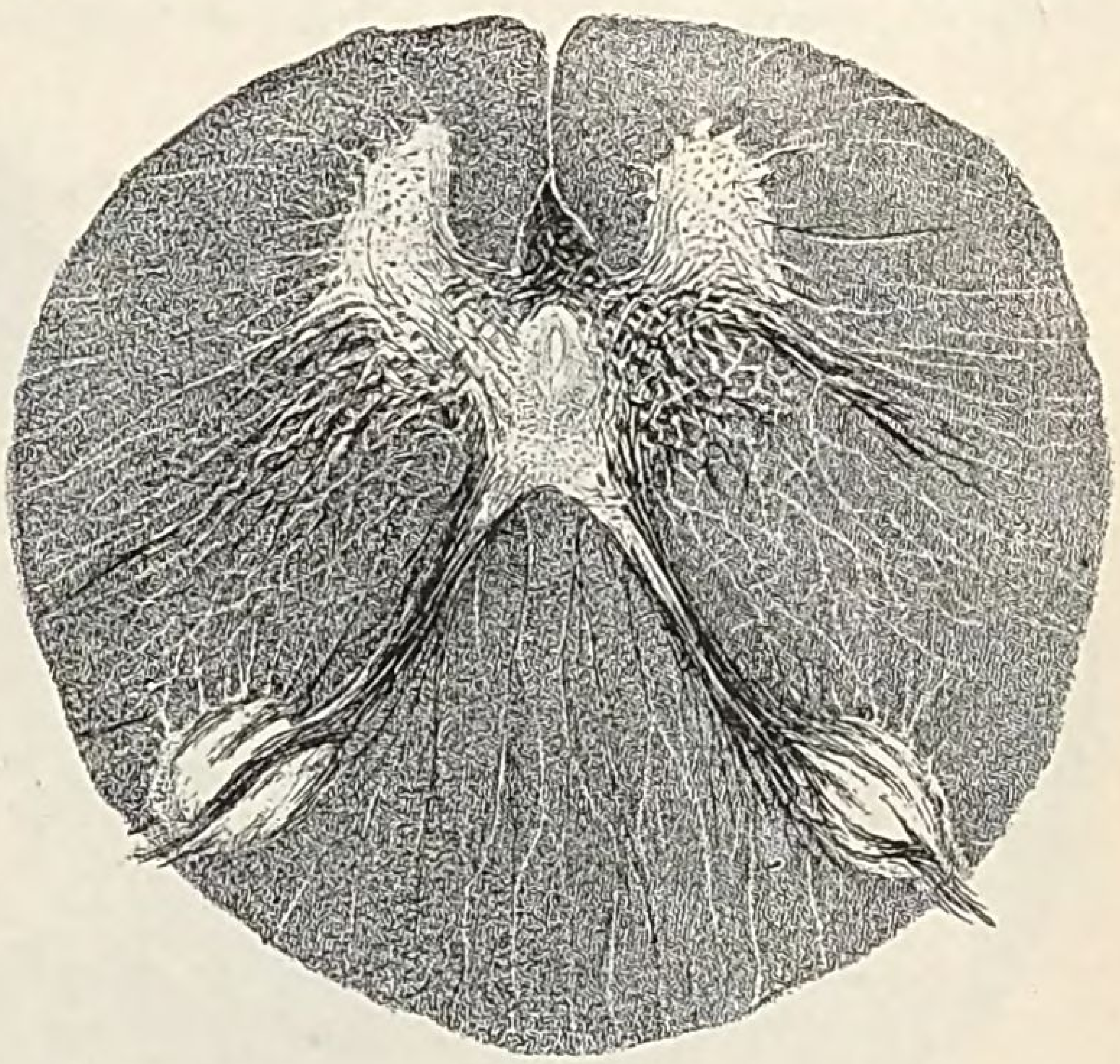


Fig. 442.

Von den Wurzeln treten beide ganz von der Seite in die graue Substanz ein. Den dorsalen Wurzeln ist eigenthümlich, dass ein Theil derselben schon beim Eintritte in das Mark innerhalb der Randzone sich verliert, ein anderer und zwar der mediale Theil als kompaktes Bündel durch die Mitte oder den medialen Theil der gelatinösen Substanz verläuft und da erst, in den Dorsalstrang eintretend, sich auflöst. An beiden Orten finden unzweifelhaft Theilungen der Wurzelfasern statt, wie sie vom Marke beschrieben wurden, und von diesen gehen feine Collateralen ab, wie sie in der *Substantia gelatinosa* um die gröberen Wurzelbündel herum sich finden und im Halse des Dorsalhornes allein noch vorkommen. Die letzteren Collateralen, die früher für unmittelbare Fortsetzungen der Wurzelfasern gehalten wurden (*Obersteiner* Fig. 110), verstärken sich in ihrem Verlaufe nach vorn durch Collateralen, die aus den ventralen Theilen der Dorsalstränge austreten und enden dann theils in dem Zellenkerne neben dem Centralkanale, theils erstrecken sie sich, die Pyramidenfaserung kreuzend, bogenförmig in alle Theile des Ventralhornes.

An diesen Schnitten ist häufig auch der *Accessorius* sichtbar, der von der Seite leicht schief ventralwärts geneigt durch den Seitenstrang tritt, hierauf am dorsalen Rande des Seitenhorns verläuft und endlich, wie ich schon vor Jahren nachgewiesen, nach der Ventralseite umbiegend, zu lateralen Zellen des eigentlichen Ventralhorns gelangt.

Fig. 442. Querschnitt durch die *Medulla oblongata* des Menschen am Anfange der Pyramidenkreuzung. Vergr. 6 : 1. *Weigert.*

Die in den Pyramiden sich kreuzenden Fasern kommen tief aus den Seitensträngen heraus, bestehen aus feineren Elementen und sind selten an einem Schnitte auf beiden Seiten gleich mächtig. Da wo sie den Seitenstrang verlassen, ist derselbe wie zerklüftet und bilden die horizontal und schief aufsteigenden Pyramidenbündel und die in einzelne Fascikel getheilten Längsfasern des Seitenstranges eine zierliche, netzförmige Bildung, den sog. *Tractus intermedio-lateralis* von *Clarke* oder die *Formatio reticularis* von *Deiters*. Durch die sich kreuzenden Fasern der Seitenstränge wird allmählich ein neues Element in die Ventralstränge eingeführt, welches mit denen der ventralen Pyramidenbahn sich mischt und die übrigen Elemente der Ventralstränge,

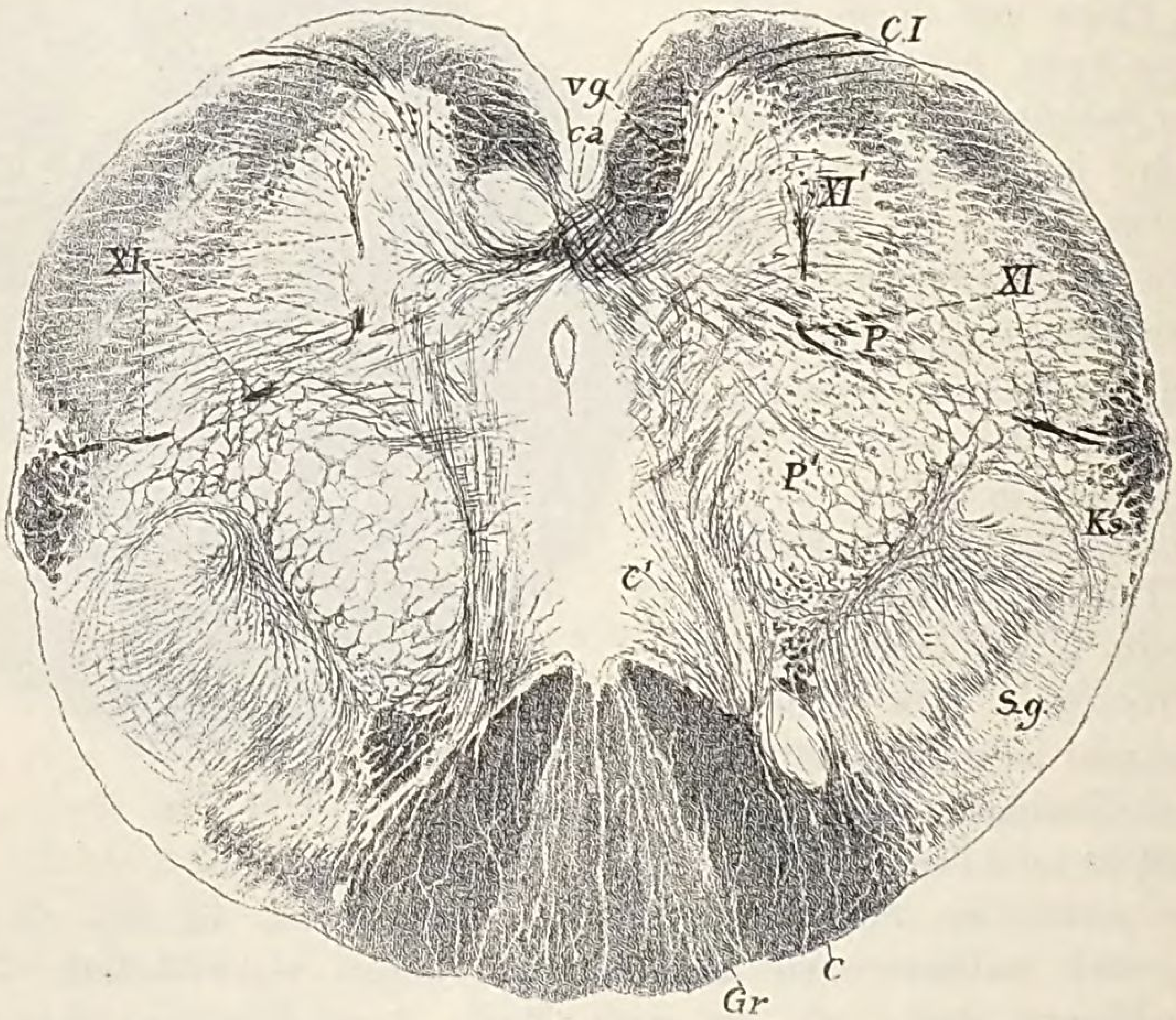


Fig. 443.

die sogenannten Ventralstranggrundbündel, auf die laterale Seite drängt. Die Ventralstränge als Ganzes sind im Anfange der Pyramidenkreuzung klein, dagegen sind die Seitenstränge und vor allem die dorsalen Stränge sehr mächtig.

Eine *Commissura alba* kommt auch in dieser Gegend noch vor, doch wird das Verhalten derselben durch die sich kreuzenden Pyramidenbündel so verdeckt, dass beim Erwachsenen über ihr Verhalten nichts auszusagen ist. Dagegen erhält man bei älteren Embryonen, so lange als die Pyramidenfasern

Fig. 443. Unterster Theil der *Medulla oblongata* eines achtmonatl. menschl. Embryo (Nr. 7) nach *Pal*, 14mal vergrössert. *XI* Accessorius, *XI'* Accessoriuskern, *CI* Cervicalis I, *Gr Fasciculus gracilis* mit Kern, *C Fasciculus cuneatus*, *C'* markhaltige vom *Cuneatus* in das Ventralhorn ausstrahlende Collateralen, *Sg Subst. gelatinosa*, *Ca Comm. alba*, *P* Pyramidenbündel marklos, *P'* Bündel der Pyramidenseitenstrangbahn quer und schief getroffen, noch marklos, von zahlreichen markhaltigen longitudinalen und horizontal verlaufenden Fasern durchzogen, *VG* Ventralstranggrundbündel.

noch marklos sind, bestimmte Anschauungen über die Stärke derselben und verweise ich in dieser Beziehung auf die Fig. 443, die einen Querschnitt in der Gegend der schon gut entwickelten Pyramidenkreuzung von einem acht Monate alten Embryo darstellt. Alle Pyramidenbündel sind in diesem Alter noch marklos und erscheinen bei *P* der Länge nach, bei *P'* quer und schief getroffen, wie sie aus der Pyramidenseitenstrangbahn sich entwickeln. Von den im Grunde der ventralen Spalte sich kreuzenden Fasern derselben unterscheiden sich deutlich die mit den Ventralstrangbündeln *Vg* zusammenhängenden dunkelrandigen Fasern der *Commissura alba*, die in das Ventralhorn ausstrahlen in die Gegend von zwei Zellenhaufen, in welchen einmal der *Cervicalis* I *(CI)* und dann der *Accessorius (XI')* entspringt, dessen Wurzeln bei *XI* unter rechtem Winkel sich umbiegen und durch eine dunkle Stelle des Seitenstranges, die zur Kleinhirnbahn gehört, austreten. Marklos sind an diesem Schnitte noch die ventrale Pyramidenbahn und ein an die *Substantia gelatinosa (Sg)* angrenzendes grosses Feld, das ich zur lateralen Pyramidenbahn zähle. Markhaltig dagegen die *Fasciculi graciles* und *cuneati (Gr, C)* und viele aus den letzteren gegen das ventrale Horn ausstrahlende Fasern *(C')*, in denen ich die Fortsetzung oder besser gesagt, das letzte Ende der Dorsalstrangcollateralen des Markes erblicke.

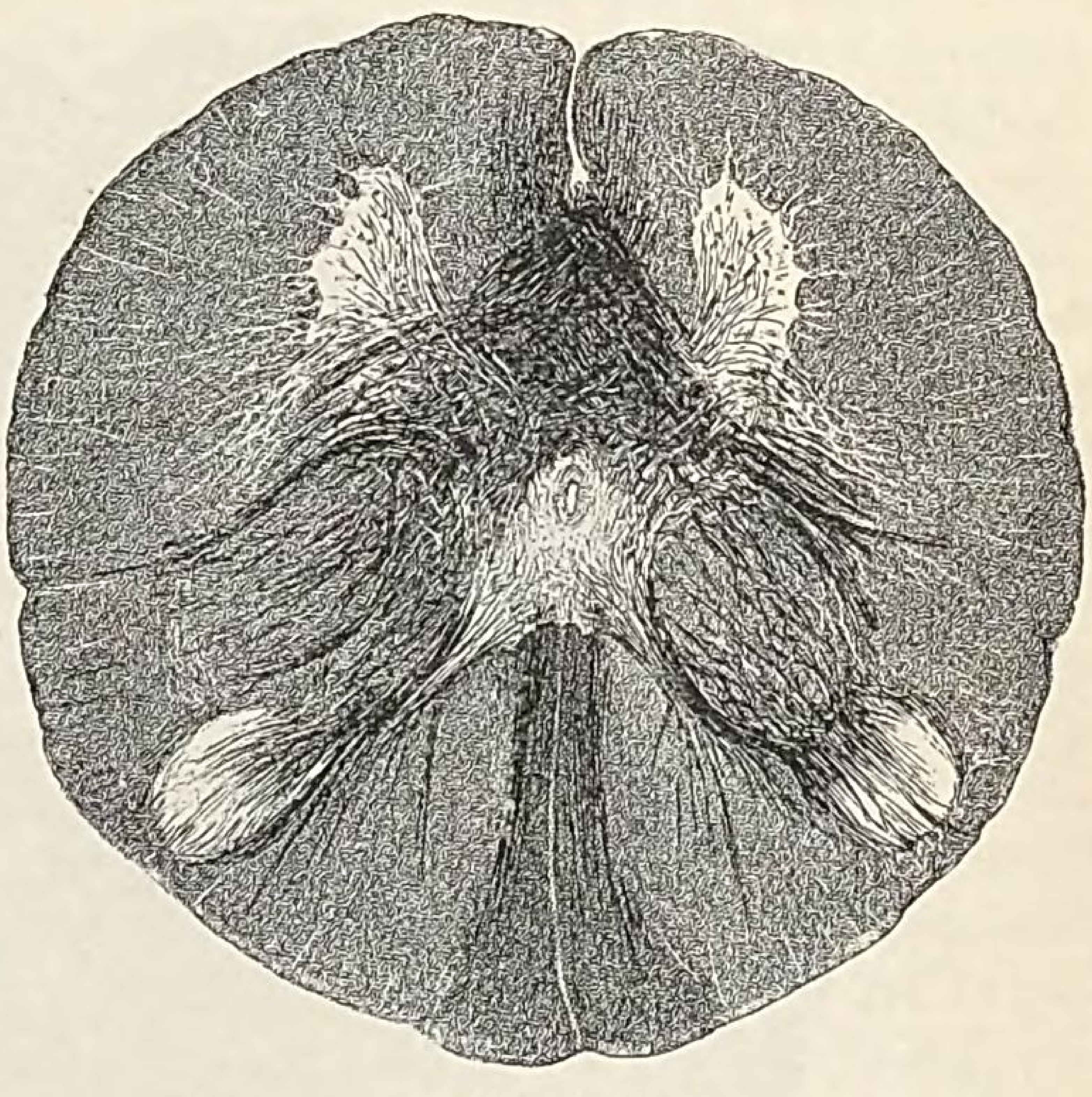


Fig. 444.

Ebenso finden sich in der grauen Substanz der Ventralhörner die aus den benachbarten Strängen in sie einstrahlenden feineren und gröberen Nervenfasern, wie im Marke, bei dem schon das Nöthige über deren Bedeutung von Collateralen und nervösen Fortsätzen angemerkt wurde.

Eine sogenannte aufsteigende Trigeminuswurzel, die neuere Autoren schon in diesem Theile der *Medulla oblongata* annehmen, findet sich hier noch nicht, wie später gezeigt werden soll.

Eine voll entwickelte Pyramidenkreuzung ist in der Fig. 444 dargestellt. Der Unterschied zwischen dieser Gegend und der in der Fig. 442 wiedergegebenen liegt darin, dass hier die sich kreuzenden Bündel aus dem gesammten Seitenstrange heraustreten und durch ihre mächtige Entwicklung sich auszeichnen. Selten sind beide sich kreuzenden Bündel in ihrem gesammten Verlaufe sichtbar, vielmehr ist in der Regel das eine in schiefem Schnitte oder im Quer-

Fig. 444. Querschnitt der *Medulla oblongata* des Menschen mit gutentwickelter Pyramidenkreuzung. Vergrösserung 6 : 1. *Weigert*'sches Präparat. Aus derselben Serie wie Fig. 442.

schnitte zu sehen und das andere in der Längsansicht. Auf der Seite dieses Bündels ist dann das ventrale Horn von der übrigen grauen Substanz ganz abgetrennt und ebenso die *Substantia centralis grisea* bis zum Centralkanale verdrängt, während auf der andern Seite die beiden Hörner zusammenhängen. Vom Dorsalhorne ist an diesen Schnitten der Kopf sehr entwickelt aber ganz seitlich am Ende des Halses gelegen.

B. Gegend der Schleifenkreuzung.

Ich beginne mit der Schilderung einer Gegend, in welcher diese Kreuzung bereits sehr schön entwickelt ist und verfolge dieselbe später bis zu ihrem ersten Auftreten.

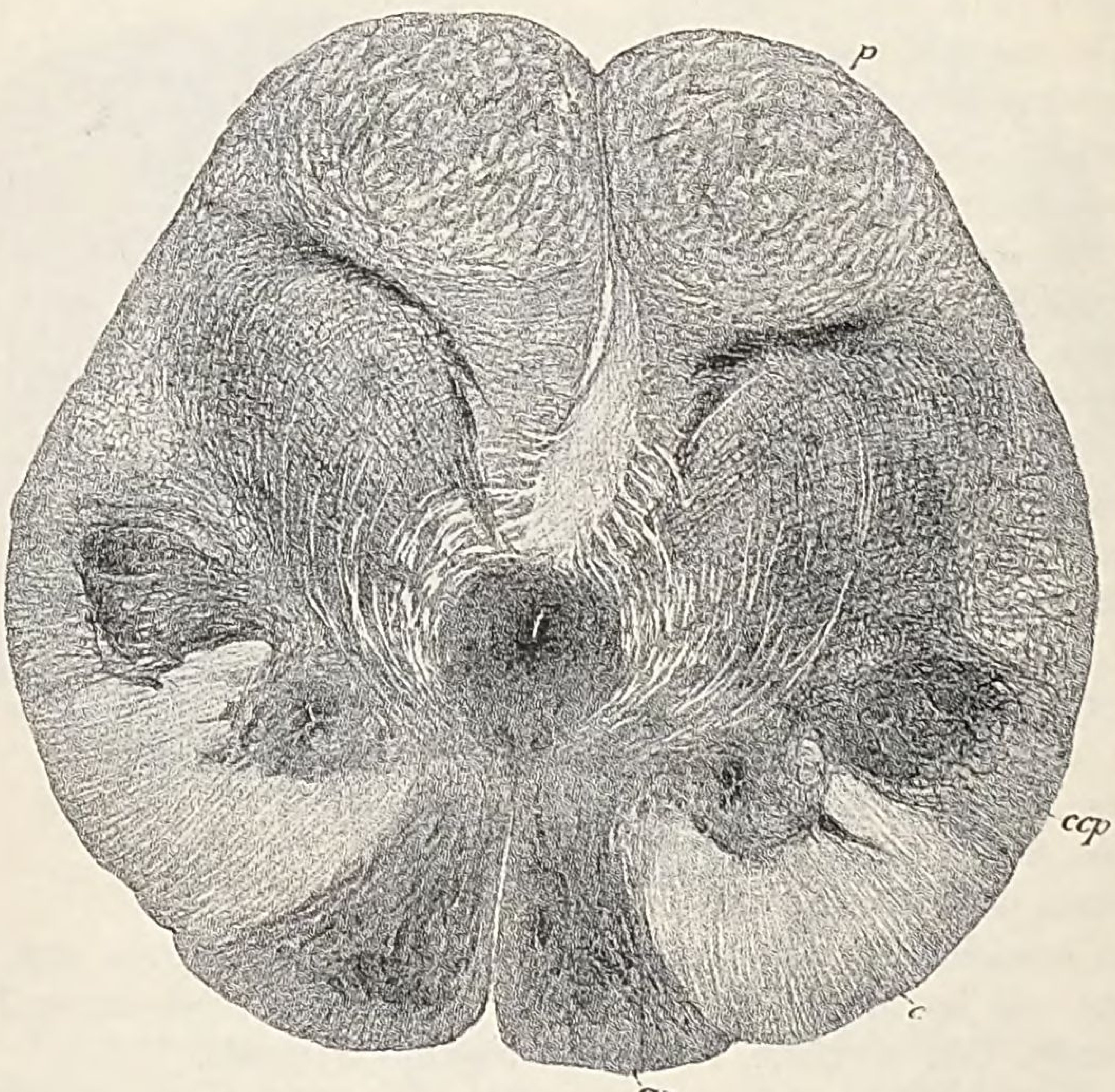


Fig. 445.

In Fig. 445 ist das cerebrale Ende des ersten Abschnittes der *Medulla oblongata* dargestellt, über welchem sofort die Olive beginnt und welche schon den medialen Olivennebenkern oder den grossen Pyramidenkern von *Stilling* enthält. Betrachtet man einen solchen Schnitt bei kleiner Vergrösserung an einem nach *Weigert* gefärbten Präparate, so fällt vor allem

Fig. 445. Querschnitt der *Medulla oblongata* des Menschen in der Gegend der Schleifenkreuzung. Karminpräparat Nr. 230 der Serie, vergr. *gr Fasciculus gracilis* mit Kern; *c Fasc. cuneatus* mit dem Kern; *ccp Caput cornus posterioris*. Um den Centralkanal herum die centrale graue Substanz. Zu beiden Seiten die bogenförmigen Schleifenfasern, die schon eine Art Raphe an der Dorsalseite der Pyramiden *p* bilden.

die mächtige Entwicklung der grauen Substanz auf, die allerdings nur um den Centralkanal herum und in der *Substantia gelatinosa* oder dem *Caput cornus posterioris*, wie man sich ausdrückt, mehr rein auftritt, dafür aber sowohl im Seitenstrange und im zarten und Keilstrange mächtige Kerne bildet, als auch in dem grossen Raume zwischen den Pyramiden und den früheren Dorsalsträngen reichlich entwickelt ist. Diesen Verhältnissen entsprechend hat auch die weisse Substanz manche Aenderungen erfahren und sind deren longitudinale Elemente ganz anders vertheilt als früher.

Bei der genauen Beschreibung beginne ich mit dem zarten Strange und dem Keilstrange. Während in der Gegend des Beginnes der Pyramidenkreuzung diese Stränge zusammen als Dorsalstrang eine mächtige, zusammenhängende Masse longitudinal verlaufender Fasern darstellen, die besonders im *Diameter antero-posterior* entwickelt ist, sind dieselben jetzt in ihren longitudinalen Elementen verarmt und stellen zusammen eine zwar breite, aber wenig tiefe Masse dar. Im zarten Strange verschwinden die Längsfasern im Innern nach und nach und finden sich zuletzt zusammenhängende solche Elemente nur noch in einem schmalen Saume am medialen und dorsalen Umfange der annähernd trapezförmig oder dreieckig erscheinenden Stränge, während der ganze übrige Theil und besonders das Innere von grauer Substanz und Unmassen feinster Nervenfasern eingenommen wird. Etwas abweichend verhält sich der Keilstrang. Hier bilden die Längszüge eine halbmond- oder becherförmige Figur mit ventralwärts vorspringenden Ecken und in der Aushöhlung dieses weissen Stranges sitzt ein birnförmiger oder rundlich dreieckiger, grauer Kern, der denselben nach der Ventralseite zu besonders lateralwärts überragt. Auch dieser Kern ist wesentlich wie derjenige des *F. gracilis* gebaut, doch bieten beide gewisse Verschiedenheiten dar. Der Kern der *Fasciculus gracilis* zeigt eine mehr gleichmässige Vertheilung der Nervenfasern und Nervenzellen, mit andern Worten einen lockereren Bau, während im *F. cuneatus* die Zellen gedrängter stehen, mehr rundliche Massen bilden und von stärkeren Zügen von Nervenfasern umgeben sind, so dass das Ganze mehr den Eindruck von selbstständigen Ganglienmassen macht. In diesem Strange kommen auch in den oberflächlichen Gegenden isolirte, zwischen die Längsfasern eingesprengte Zellenhaufen vor (hierher der äussere Kern des Keilstranges von *Kahler* und von *Obersteiner*, bei diesem Fig. 113 *Nce*) und zieht sich auch lateralwärts die gangliöse Masse mit Zacken in die längsfaserige Rinde hinein.

Seitlich von diesen Kernen sitzt in der Höhe des Centralkanales und der *Substantia grisea centralis* eine dritte Ansammlung grauer Substanz, die, wie eine Vergleichung mit tieferen Schnitten lehrt, nichts anderes ist als eine Umbildung des früheren am meisten dorsalwärts gelegenen Theiles der Dorsalhörner oder des *Caput cornus posterioris* von *Clarke*. Diese graue Masse *ccp* bildet einen verhältnissmässig sehr grossen, rundlichen oder rundlich birnförmigen, stellenweise wie gelappten, helleren Körper, der, in dem nun ebenfalls deutlich werdenden *Fasciculus lateralis* gelegen, der Oberfläche sehr nahe kommt und *Rolando* zur Aufstellung seines *Tuberculum cinereum* (*Tub. Rolandoi* der Neueren) Veranlassung gegeben hat. Dieser Kopf des Dorsalhornes zeigt eine gewisse Zahl grösserer und kleinerer Nervenzellen und viel Neuroglia, die ihm dasselbe Ansehen wie der früheren *Substantia gelatinosa* giebt, als deren

Fortsetzung er jedoch nicht allein zu betrachten ist, ferner zahlreiche longitudinale und quere Nervenfasern der feineren und feinsten Art. Die ersteren finden sich theils an der Oberfläche dieser grauen Masse, theils an ihrer medialen Seite, die ohne scharfe Grenze in die *Formatio reticularis* übergeht, während die queren Elemente als stärkere Streifen im Innern und als äussere Begrenzungen sowohl am ventralen als am dorsalen Rande derselben sich finden. Von diesen Elementen gehören die ersteren z. Th. noch den proximalsten Wurzeln des *Accessorius spinalis* an, im Allgemeinen sind diese horizontalen Elemente jedoch z. Th. den Schleifenfasern zuzurechnen, von denen noch weiter die Rede sein wird, z. Th. der spinalen oder sensiblen Trigeminuswurzel (der aufsteigenden Wurzel der Autoren), welche in Gestalt eines schmalen, überall gleich breiten Zuges feiner, longitudinaler Nervenfasern an der lateralen Seite des Kopfes des Dorsalhornes sich findet und allerwärts horizontal umbiegende Fasern in denselben abgiebt. Wie gleich hier bemerkt werden kann, lehren versilberte Präparate von Embryonen, dass die Trigeminusfasern mit freien, verästelten Ausläufern im *Caput cornus posterioris* dieser Gegend enden, welches daher von nun an als Endkern des Trigeminus bezeichnet werden kann.

Gehen wir weiter nach der Ventralseite der Querschnitte, so finden wir einmal eine mächtige, zusammenhängende Lage grauer Substanz um den Centralkanal herum, die seitlich ohne schärfere Abgrenzung mit den Endkernen des Trigeminus und dorsalwärts mit dem *Nucleus cuneatus* und *gracilis* zusammenhängt. An diese *Substantia grisea centralis* grenzt dann ventralwärts einmal eine schmale, lange, schief stehende Zone von grauer Substanz, die mediale Nebenolive oder der grosse Pyramidenkern, welcher Kern in genau derselben Gegend auftritt, in welcher weiter caudalwärts der Rest des Ventralhornes sich findet. (Einen Theil dieses Kernes hat *Obersteiner* als Kern des Vorderstranges bezeichnet, Figg. 112, 113, 114 *Nfa.*) Seitlich davon findet sich eine ausgebreitete, mehr diffuse, graue Lage, die z. Th. ein Rest des früheren lateralen Theiles des Ventralhornes ist, z. Th. eine neue Bildung, den Kern des Seitenstranges, *Nucleus lateralis*, darstellt. Als Ganzes aufgefasst bildet so die graue Substanz einen Centralstrang mit je vier oder fünf Ausstrahlungen (Fig. 445): 1. dem weit dorsalwärts reichenden *Nucleus gracilis*, 2. dem tiefer gelegenen *Nucleus cuneatus*, 3. dem grossen, oberflächlich im *Fasciculus lateralis* gelagerten Endkerne des *Trigeminus* oder dem *Caput cornus posterioris*, 4. dem grossen, mehr diffusen *Nucleus lateralis* und 5. dem schmalen *Cornu ventrale* oder höher dem grossen Pyramidenkern, welche beide letzteren zwischen den Pyramiden und dem *Caput cornus posterioris* ihre Lage haben.

Die Nervenzellen um den Centralkanal herum sind von verschiedener Grösse. Kleinere stehen dorsalwärts davon, etwas grössere an dessen Seite, welche als Kerne des *Accessorius* anzusehen sind. Im Seitenstrange *s* findet sich einmal eine Ansammlung grösserer Zellen im dorsalen medialen Theile desselben, dicht ventral vom *Accessorius*, die ich seiner Zeit allein als Kerne der Seitenstränge bezeichnete (5. Aufl., S. 284, Fig. 197 *g*), und zweitens kommen zahlreiche kleinere, mehr zerstreute Zellen (l. c. *k*.) weiter nach der Ventralseite zu an der lateralen Seite des Ventralhornes vor. Alle diese Zellen finden sich in der Gegend der schon früher erwähnten *Formatio reticularis* von *Deiters*.

Von grauer Substanz sind endlich noch zu erwähnen die gleichzeitig mit den grossen Pyramidenkernen auftretenden ventralen Pyramidenkerne oder die *Nuclei arcuati s. arciformes*, von denen in den nächsten §§ weiter die Rede sein soll.

Von weisser Substanz oder Nervenfasern finden sich in der ventralen Hälfte dieser Gegend der *Medulla oblongata*: I. longitudinale Elemente, und zwar: 1. die Pyramiden als mächtige Massen longitudinal verlaufender, 2,0—6,0 μ breiter Fasern, unter denen immer noch einzelne schiefe Züge sich finden; 2. der Rest des Seitenstranges zwischen dem *Caput cornus posterioris* und dem Reste des Ventralhornes oder dem grossen Pyramidenkerne; 3. viele kleine Bündel im Endkerne des *Trigeminus* und in der *Formatio reticularis;* 4. das Ventralstranggrundbündel, welches an der medialen Seite des Ventralhornes oder dem dasselbe fortsetzenden grossen Pyramidenkerne zwischen demselben und den Pyramiden ein schmales Feld darstellt.

II. Transversale oder horizontale Fasern. Hier sind in erster Linie die Fasern der Schleifenkreuzung (obere oder sensible Pyramidenkreuzung, *Fibrae arcuatae s. arciformes internae*, innere Bogenfasern), zu erwähnen, mit welchem Namen centripetal leitende Elemente bezeichnet werden, die höher oben in der Brücke und im *Pedunculus cerebri* in die mediale Schleife der Haube (*Lemniscus*) übergehen und eine gekreuzte Wirkung der sensiblen Elemente bedingen.

In den Gegenden, in denen diese Schleifenfasern zuerst vollkommener ausgeprägt erscheinen, sieht man aus dem *Nucleus gracilis* und *cuneatus* eine Menge gröberer und feinerer Nervenbündel austreten, die in bogenförmigem, lateral- und ventralwärts gerichtetem Verlaufe den Centralkanal umkreisen, an der Ventralseite desselben sich kreuzen und dann zu longitudinal verlaufenden Elementen sich gestalten, die wir höher oben an der Dorsalseite der Pyramiden und zwischen den Oliven als eine besondere Lage, die Olivenzwischenschicht oder Schleifenschicht, wiederfinden werden. Diese Schleifenkreuzung erscheint in Gegenden, in denen die Pyramidenkreuzung ganz vollendet ist, im Grunde der ventralen Spalte ungefähr in ähnlicher Weise wie diese, und bedingt auch unregelmässige Leisten- oder Zapfenbildungen, in der auch die Schleifenbündel z. Th. grössere Abtheilungen bilden und unregelmässig sich kreuzen. Diese Kreuzungen stellen, noch bevor die Olive auftritt, in der sagittalen Medianebene wie eine besondere Platte dar, den Vorläufer der weiter oben vorhandenen *Raphe*, eine Bildung, die vom Grunde der ventralen Spalte bis zum Centralkanale reicht und aus den unter verschiedenen schiefen Richtungen sich kreuzenden Schleifenbündeln besteht.

Nachdem im Vorhergehenden die Schleifenkreuzung aus einer Gegend beschrieben wurde, wo sie gut entwickelt und die Pyramidenkreuzung längst vollendet ist, gebe ich nun in der Fig. 446 noch ein Bild von dem ersten Auftreten derselben. In diesem Schnitte ist die Pyramidenkreuzung (*dp*) noch in vollem Gange und bedingt einen zapfenförmigen Vorsprung im Grunde der ventralen Spalte des Markes. Die Pyramiden *p* sind noch klein und bestehen wesentlich aus der Pyramidenventralstrangbahn, während die Ventralstranggrundbündel *vg*

zur Seite derselben und neben dem Reste des Ventralhornes *vh* sichtbar sind. An der dorsalen Seite zeigen sich an diesem Schnitte der Kern des *Fasciculus gracilis* (*gr*), derjenige des *Cuneatus* (*c*) und der Endkern des *Trigeminus* (*g*) und aus den beiden ersten Kernen entwickeln sich bogenförmige Schleifenfasern, welche, nachdem sie die *Substantia grisea centralis* umkreist haben, an der ventralen Seite derselben sich kreuzen und ohne schärfere Abgrenzung den dorsalsten Theilen der Pyramidenkreuzung sich anschliessen.

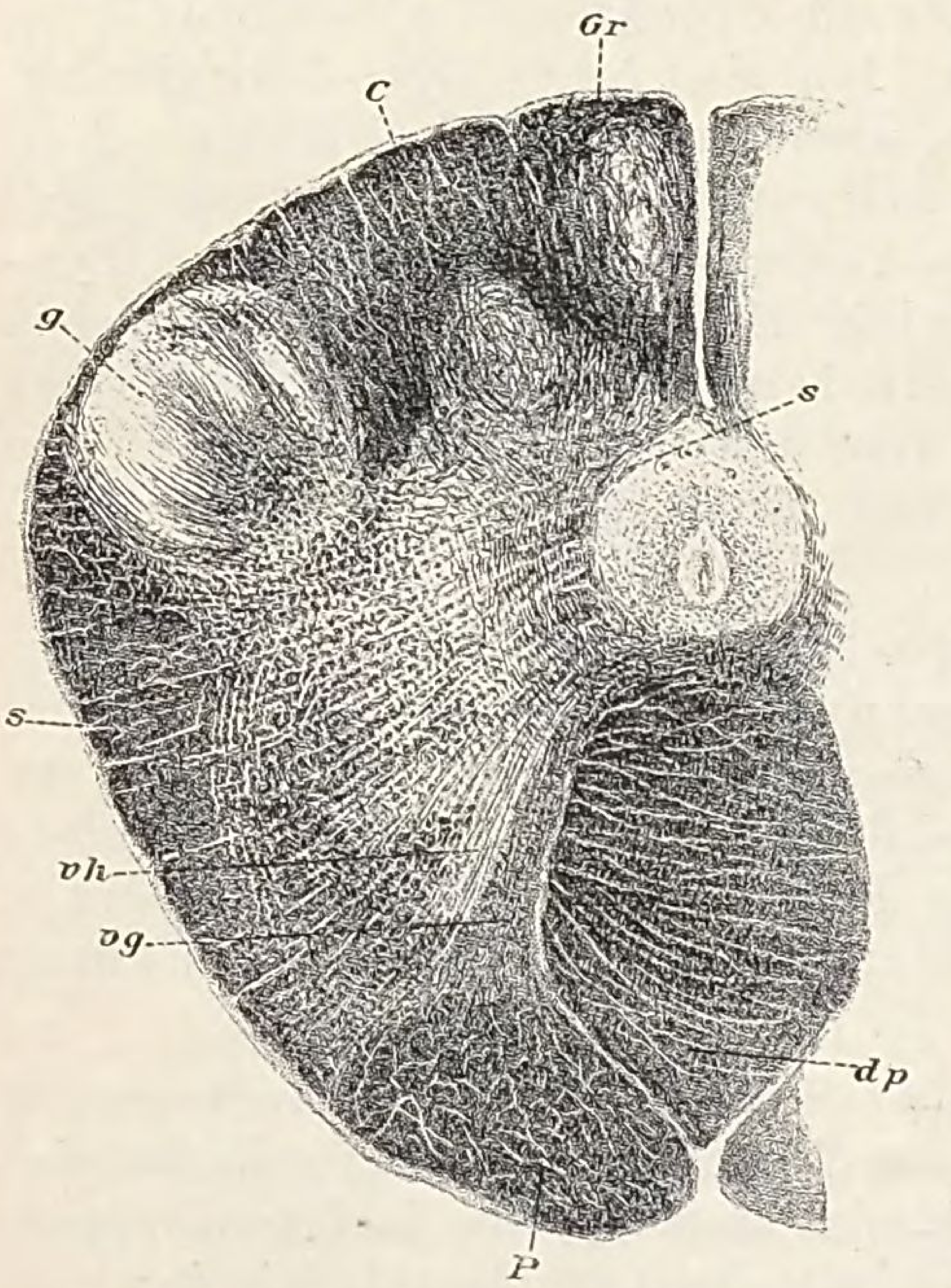


Fig. 446.

Geht man noch weiter distalwärts, so ergiebt sich, dass die ersten an der Schleifenkreuzung betheiligten Fasern aus dem *Nucleus fasc. gracilis* austreten und erst später aus dem *Nucleus fasc. cuneati*. Ausserdem gesellen sich später zu denselben noch andere Fasern, wie weiter unten gezeigt werden soll.

Auch in dieser Gegend finden sich noch Andeutungen der Kommissuren des Markes, doch sind dieselben sehr verwischt und undeutlich. Eine dorsale Kommissur ist zart und scheinen deren Fasern jederseits im *Nucleus cuneatus*, zum Th. auch im *Caput cornus posterioris* zu enden. Die ventrale Kommissur ist deutlicher und besteht aus horizontalen Fasern, die wie aus dem Reste des Ventralhornes und dem grossen Pyramidenkerne, z. Th. auch aus dem *Nucleus lateralis* kommen und die Schleifenfasern kreuzend seitlich und an der ventralen Seite des Centralkanales sich verlieren.

§ 133.

Medulla oblongata vom unteren Ende der Oliven bis zur Brücke. Uebersicht der hier vorkommenden Theile.

Dieser Theil des verlängerten Markes zeigt folgendes:

Fig. 446. Querschnitt durch die *Medulla oblongata* des Menschen in der Gegend der Pyramidenkreuzung und des Beginnes der Schleifenkreuzung. Nach einem *Weigert*schen Präparate Nr. 2 von Prof. *O. Schultze*. Vergr. 6 : 1. *p* Pyramiden schon gekreuzt; *dp* Kreuzung derselben einen kegelförmigen Zapfen (*Proc. mamillaris*) darstellend; *s* Schleifenfasern, die ventrale graue Substanz umgebend und dorsalwärts von den Pyramiden sich kreuzend; *Gr Fasciculus gracilis* mit kleinem Nucleus; *c Fasciculus cuneatus* mit grossem Kerne; *g* Endkern des Quintus (*Substantia gelatinosa*); *vg* Ventralstranggrundbündel an der lateralen Seite der beiden Kreuzungen; *vh* Rest des Ventralhornes des Rückenmarks.

1. Tritt hier eine grosse Menge grauer Substanz auf, von welcher in der ventralen Hälfte die Oliven die bemerkenswerthesten sind, während im dorsalen Theile zu den ebenso wie weiter unten vorhandenen Kernen der *Fasciculi graciles* und *cuneati* die noch zu erwähnenden Kerne von Hirnnerven, ferner die Kerne des Seitenstranges und viele zerstreute Zellen sich gesellen.

2. Findet sich eine ungemeine Entwicklung der bereits im vorigen Abschnitte vorhandenen Schleifen- und inneren Bogenfasern, die nun das gesammte Innere durchziehen und auch in grosser Ausdehnung an der äusseren Oberfläche sich finden. Viele dieser Bogenfasern kreuzen sich in der Medianebene und erzeugen eine diesen Abschnitt des Nervensystems ganz besonders bezeichnende Mittelplatte, im Querschnitte die Naht, *Raphe*, genannt.

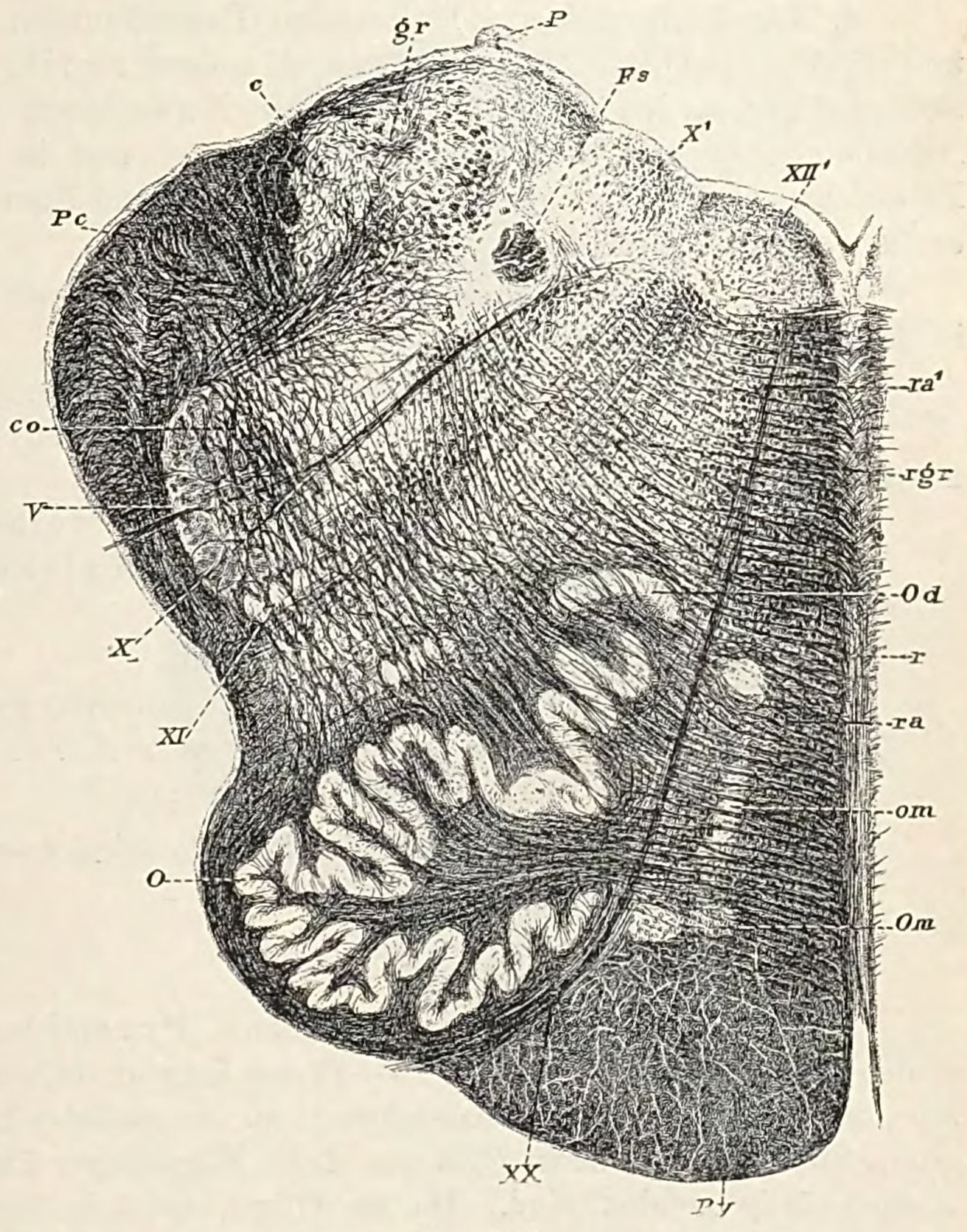


Fig. 447.

3. Erscheinen in diesem Abschnitte die Wurzeln einer Reihe von Hirnnerven, wie des XII., XI., X., IX. und VIII., welche in horizontalem oder leicht schief aufsteigendem Verlaufe

Fig. 447. Querschnitt der *Medulla oblongata* des Menschen in der Gegend des distalen Abschnittes des *Sinus rhomboidalis*. Nach einem *Weigert* von Dr. *O. Schultze*. Nr. 96. Vergrösserung 6 : 1. *Py* Pyramiden; *XX Radix hypoglossi*; *XII' Nucleus hypoglossi*; *O Oliva*; *Om Oliva medialis*; *Od Oliva dorsalis*; *ra Subst. reticularis alba, pars ventralis* (Schleifenschicht); *ra' Subst. reticularis alba, pars dorsalis* (Ventralstranggrundbündel oder *Fasciculus longitudinalis dorsalis*); *r* Raphe; *X Radix vagi*; *XI Radix accessorii*; *co* Kleinhirn-Olivenfasern; *X' Nucleus terminalis vagi*; *Fs Fasciculus solitarius* (absteigende Vago-Glossopharyngeuswurzel); *P* Ponticulus s. Ligula; *gr* Rest der *Fasciculus gracilis* mit der absteigenden Acusticuswurzel; *c* Rest des *Nucleus cuneati*; *Pc Pedunculus cerebelli*; *rgr Substantia reticularis grisea* mit den *Fibrae arcuatae internae*; *V* spinale Quintuswurzel. Zwischen ihr und den Oliven mehrere Nester grauer Substanz (*Nucleus lateralis*).

zwischen Pyramide und Olive und zwischen dieser und dem *Corpus restiforme* eintreten und zu verschieden mächtigen Ansammlungen grauer Substanz sich verfolgen lassen, die unterhalb der Rautengrube um den Centralkanal herum liegen und da wo derselbe sich öffnet, grösstentheils am Boden der Rautengrube ihren Sitz haben.

4. Durch die beiderlei horizontalen Faserbildungen, die Bogenfasern und die Wurzelbündel, zu denen noch andere, radiär verlaufende Elemente sich gesellen, werden die längsverlaufenden Nervenfasern des Innern in grosser Ausdehnung in sehr zierlicher Weise zerklüftet und in ungemein viele kleine Bündelchen zerlegt, welche Bildung in toto mit dem Namen *Formatio reticularis* belegt wird.

5. Von zusammenhängenden Längsbündeln weisser Substanz finden sich in der Gegend der Oliven folgende:

a) Theile der *Fasciculi cuneati* und *graciles*,
b) Ueberreste der Seitenstränge des Markes,
c) die Pyramiden,
d) eine die Oliven umgebende Lage feiner Elemente,
e) die in der Olivengegend sich entwickelnden *Pedunculi cerebelli*,
f) die spinale Trigeminuswurzel,
g) die spinale Wurzel des *Glossopharyngeus* und *Vagus*,
h) der *Fasciculus longitudinalis dorsalis*,
i) die absteigende Acusticuswurzel.

Im Einzelnen besprechen wir nun im Folgenden zuerst die graue Substanz.

§ 134.

Die Oliven und ihre Nebenkerne. Pyramidenkerne. Die Oliven stellen in ihrer Gesammtheit eine 16—17 mm lange an beiden Enden ganz geschlossene, in der Mitte in grosser Ausdehnung an der medialen Seite offene Kapsel von grauer Substanz dar, deren 0,33 mm dicke Wandungen überall sehr zierlich und unregelmässig gefaltet sind. Da die Olivenkapsel in dorso-ventraler Richtung abgeplattet ist, so lässt sich an derselben ein ventrales und ein dorsales Blatt unterscheiden, von welchen das erstere in der Regel kürzer ist und mehr quer verläuft, während das letztere schief dorsal und medianwärts steht und da, wo die Olive ihre grösste Entwicklung zeigt, mit seinem Ende noch in die dorsale Hälfte hineinragt. Diese Gegend entspricht ungefähr den proximalen Vagus- und den Glossopharyngeuswurzeln und bewirkt hier die Olive einen äusseren, sehr starken Vorsprung und misst an einem erhärteten Präparate im Querdurchmesser 6 mm und im *Diameter dorso ventralis* 5 mm. Am oberen Ende steht die Olive, bevor sie noch geschlossen ist mit ihrem längeren Durchmesser, fast sagittal oder im *Diameter dorso-ventralis* und misst nur noch 3 zu 4 mm.

Dasselbe Aussehen und auch, wie wir noch sehen werden, denselben Bau haben zwei andere Ansammlungen grauer Substanz in der Nähe der Oliven, der mediale und der dorsale Olivennebenkern. Der mediale Oliven-

nebenkern *O m* (innere Nebenolive, grosser Pyramidenkern) tritt, wie bereits in § 132 gemeldet wurde, weit caudalwärts von den Oliven auf gleichzeitig mit den distalen Abschnitten der Schleifenkreuzung, verschwindet jedoch vor dem cerebralen Ende der Oliven im Bereiche des noch offenen Theiles derselben. Die Gestalt desselben ist sehr veränderlich. Da, wo dieser Kern zuerst auftritt (Fig. 445), besteht er aus einer grossen Platte, an der zwei Theile zu unterscheiden sind, und zwar eine dicht dorsalwärts von den Pyramiden gelegene, fast quer stehende, dicke, 3,5—4 mm breite Lamelle und ein mehr sagittal gestelltes, unter stumpfem Winkel mit derselben verbundenes, dorsales, dünneres Blatt von 2,5 bis 3,0 mm Länge. Nach und nach verschmälert sich das quere Blatt und verkürzt sich, während das sagittale an Dicke gewinnt und auch länger wird, jedoch oft wie aus mehrfachen Abschnitten zu bestehen scheint, unter denen ein runder Kern an der dorsalen und medialen Seite des dorsalen

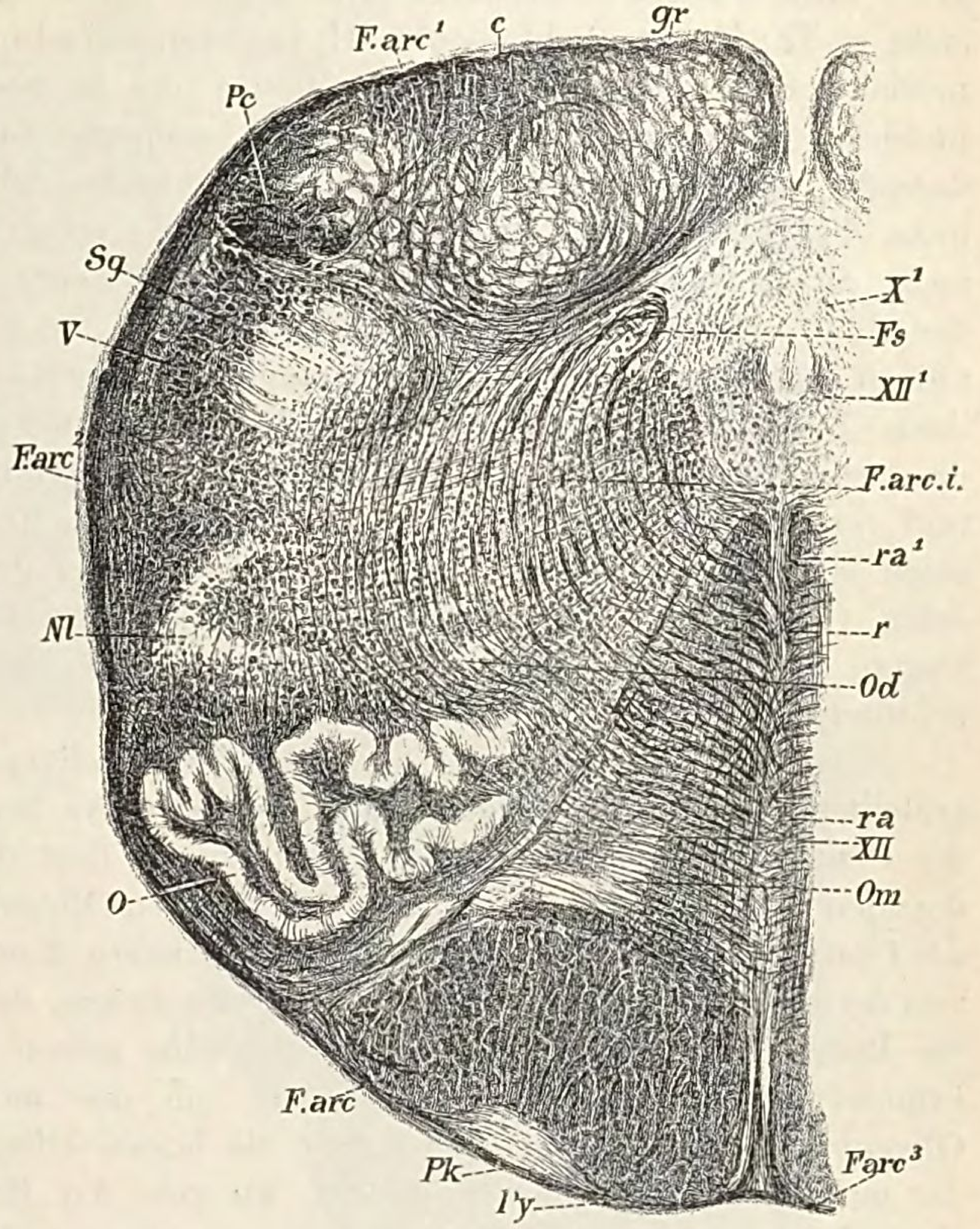


Fig. 448.

Fig. 448. Querschnitt durch die *Medulla oblongata* des Menschen mit noch geschlossenem Centralkanale. Nach einem *Weigert* von Prof. *O. Schultze* Nr. 33, Vergrösserung 6 : 1. *Py* Pyramiden; *F.arc Fibrae arc. superf. ventrales*; *F.arc*^{1} *Fibrae arc. superf. dorsales*; *F.arc*^{2} *Fibrae arc. superf. laterales* (Kleinhirnseitenstrangbahn); *F.arc*^{3} *Fibrae arc. superf. ventrales* zur Raphe ziehend; *F.arc.i Fibrae arc. internae* oder Schleifenfasern, von einer Accessoriuswurzel gekreuzt; *r* Raphe; *ra S. reticularis alba ventralis* (Schleifen- oder Olivenzwischenschicht); *ra' S. reticularis alba dorsalis* (*Fasc. longitudinalis dorsalis*); *O* Oliva; *Om Oliva medialis*; *Od Oliva dorsalis*; *XII* Hypoglossus; *XII'* Hypoglossuskern; *X'* Vagus- und Accessoriuskern; *Fs Fasciculus solitarius* (absteigende Vago-Glossopharyngeuswurzel) von starken Schleifenfasern umgeben; *Nl Nucleus lateralis*; *V* spinale Quintuswurzel; *Sg Substantia gelatinosa*; *Pc Pedunculus cerebelli* in Bildung; *c Fasciculus cuneatus* mit mehrfachen Kernen; *g Fasciculus gracilis* mit seinem Kern.

Olivenblattes besondere Beachtung verdient, der bei geschlossenem Olivenblatte bereits vorhanden sein kann, ein Kern, der auch viel weiter cerebralwärts bei weit offenem Centralkanale und in der Gegend der Rautengrube manchmal noch gefunden wird. Nach der Eröffnung des Centralkanales besteht dieser Kern meist aus zwei Stücken. Das frühere quere Blatt ist jetzt gebogen und steht z. Th. in der Richtung der Hypoglossuswurzeln, z. Th. noch quer an der medialen Seite des ventralen Olivenblattes und ist weniger entwickelt, oft ganz unscheinbar, während das oben sagittal genannte Stück nun den Hauptkern darstellt, dem Hilus der Olive und dem dorsalen Olivenblatte gleichsteht und meist dicker ist als das Olivenblatt selbst. So erhält sich der Kern lange Zeit meist an der medialen Seite der Hypoglossusfasern, bis zur weiten Eröffnung der Rautengrube, und bemerke ich noch, dass die sogenannte Kommissur der Oliven an der ventralen Seite des sagittalen Kernes liegt oder denselben mit ihren Fasern durchzieht. Oberhalb der Region der Hypoglossuswurzeln wird die mediale Nebenolive je länger um so kleiner, zerfällt auch in einzelne Stücke und verschmilzt endlich in ihrem letzten sagittalen Reste mit der medialen dorsalen Nebenolive, welche beide zusammen nun an der medialen Seite des dorsalen Olivenblattes ihre Lage haben. In diesem Zustande erhält sich das Organ so lange als die Olive noch einen Hilus hat, um dann ganz zu verschwinden.

Die dorsale Nebenolive (hintere Nebenolive) *Od* tritt als platter, quergestellter Kern in der Gegend auf, wo die Olive bereits einen Hilus hat und der Centralkanal sich zu öffnen beginnt, und liegt dieselbe hier genau an der dorsalen Seite des medialen Endes des dorsalen Olivenblattes (Fig. 447). Da wo der Centralkanal sich öffnet, ist dieser Nebenkern 2 mm und darüber breit und von der Dicke des Olivenblattes. Weiter centralwärts, da, wo der Hypoglossuskern am Boden der weit offenen Rautengrube seine grösste Entwicklung erreicht hat, krümmt sich dieser Kern bogenförmig um das mediale Ende des dorsalen Olivenblattes herum und stellen hier die beiden Olivennebenkerne, von denen der mediale aus drei Theilen besteht, wie eine Art Hülse des medialen Olivenabschnittes dar, zu deren Vervollständigung dann noch der später zu erwähnende Seitenkern dient. Jenseits der Hypoglossuswurzeln wird der dorsale Olivennebenkern rasch schmäler und dünner, rückt an die mediale Seite des dorsalen Olivenblattes, stellt sich mehr sagittal und verschmilzt endlich, wie oben schon bemerkt, mit dem medialen Olivennebenkern in einer Gegend, welche den letzten Rest der absteigenden Vagoglossopharyngeuswurzel zeigt (Fig. 449).

Was den feineren Bau anlangt, so stimmt die graue Substanz der Oliven und diejenige ihrer Nebenkerne vollkommen überein. In derselben finden sich einmal sehr viele kleinere, gelbliche Nervenzellen von mehr rundlicher Gestalt und 18—26 μ Durchmesser mit drei bis fünf verästelten Ausläufern und je einem Nervenfaserfortsatze und zweitens ungemein zahlreiche feine und feinste Nervenfasern, von denen der eine Theil unzweifelhaft mit den Zellen der Oliven zusammenhängt, während die andern z. Th. um die Zellen herum in feinste Endigungen auslaufen, z. Th. die grauen Blätter nur durchsetzen. Von einer besondern Entwicklung der Glia ist in der Olive und ihren Nebenkernen nichts wahrzunehmen, und die bei einigen Autoren beliebte Bezeichnung dieser grauen Substanz als gelatinöser in keiner Weise zu rechtfertigen.

In den **Pyramiden** tritt graue Substanz wesentlich und beständig als **ventraler Pyramidenkern** oder *Nucleus arciformis* auf (Fig. 449). Derselbe erscheint fast gleichzeitig mit der medialen Nebenolive, jedoch etwas ober-

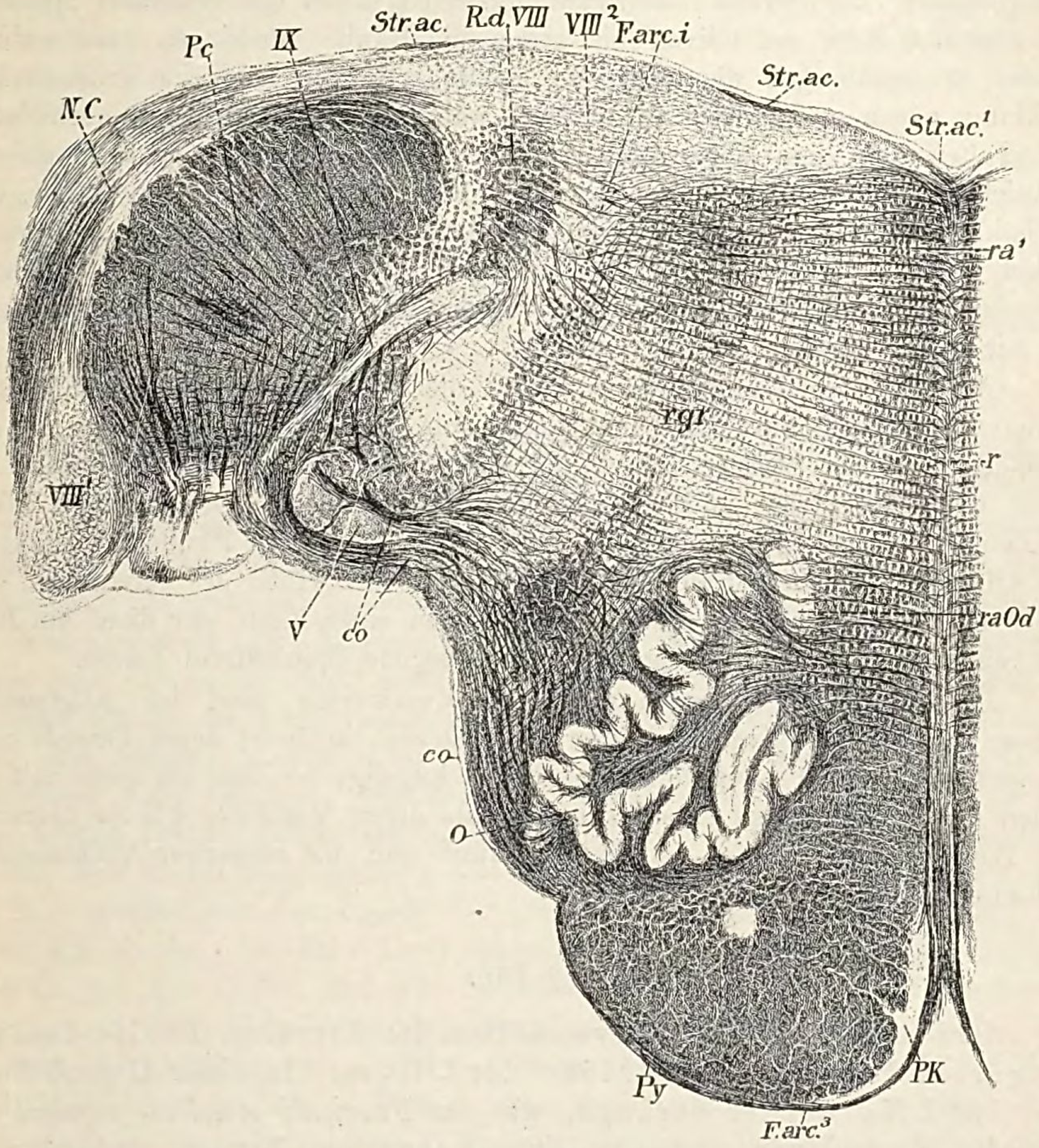


Fig. 449.

halb derselben, als dünne, graue Platte an der ventralen Seite der lateralen Hälfte der Pyramiden, wird vor dem Auftreten der Oliven mächtiger und in

Fig. 449. Querschnitt durch die *Medulla oblongata* in der Gegend des Acusticuseintrittes vom Menschen. Nach einem *Weigert* von Prof. *O. Schultze* Nr. 147. Vergrösserung 7 : 1. *Py* Pyramiden; *PK Nucleus arciformis*; *O* Olive; *Od Oliva dorsalis*; *ra Substantia reticularis alba* ventraler Theil oder Schleifenschicht; *ra' Substantia reticularis alba P. dorsalis* oder *Fasciculus longitudinalis dorsalis*; *r* Raphe; *co* Kleinhirn-Olivenfasern; *V Radix sensibilis quinti*; *VIII¹ Ganglion ventrale acustici*; *VIII² Ganglion dorsale acustici*; *NC Nervus cochleae*; *Pc Pedunculus cerebelli*; *IX Radix suprema glossopharyngei*; *R.d VIII Radix descendens acustici*; *F.arc.i Fibrae arcuatae internae*; *Str.ac. Stria acustica*; *rgr Subst. reticularis grisea.*

der Mitte dicker. So erhält sich der Kern eine Zeit lang, wird dann aber, so bald als die Rautengrube erscheint, kleiner und rückt mehr gegen die Mitte, bis er am Ende am Eingange der ventralen Spalte seine Lage hat (Fig. 449). Zugleich sendet derselbe auch zarte Ausläufer wie Aeste aus, die lateralwärts in das Innere der Pyramide eintreten und auch neben der ventralen Spalte an der medialen Seite der Oliven bis gegen die Raphe vordringen, von welchen grauen Ansammlungen die neben der Spalte gelegenen bald eine grössere Entwicklung zeigen und Seitenäste treiben, während die im Innern verschwinden. So erhalten sich diese Kerne über die Olive hinaus, nehmen eine noch grössere Entwicklung an und zeigen da, wo die Brücke auftritt, eine solche Grösse, dass sie bald in Gestalt einer dreieckigen, dorsalwärts zugespitzten Masse den ganzen Zwischenraum zwischen den Pyramiden und dem dorsalen Theile der früheren Olivenzwischenschicht einnehmen und mit den Brückenkernen zusammenstossen, wir wir später genauer schildern werden.

Ausser diesem Hauptkerne enthalten die Pyramiden noch variable kleinere Kerne von unbestimmter Zahl und Lage, von denen die beständigsten im dorsalen Theile dieser Stränge unweit der Oliven sich finden und manchmal wie einen diese theilweise umkreisenden Bogenzug bilden. Die grössten dieser wandelbaren Kerne sitzen meist an der lateralen Ecke der Pyramiden, nahe an den Oliven. In einem Falle sah ich auch in der Höhe des cerebralen Viertheils der Oliven an einer Reihe von Schnitten einen Kern, der dicht am Ende des ventralen Olivenblattes lag und eine gebogene Spindelform besass.

Die Nervenzellen der Pyramidenkerne sind im Allgemeinen kleiner als die der Oliven und ihrer Nebenkerne, auch ist deren Gestalt mehr langgestreckt, kurz spindelförmig, seltener kugelig, so dass sie mehr mit den Zellen der Brückenkerne übereinstimmen, als deren Vorläufer ich sie betrachte. Die Zahl ihrer Ausläufer ist drei bis fünf und der ausserdem vorkommende Achsencylinderfortsatz fein.

§ 135.

Graue Kerne und Nervenzellen im dorsalen Theile des verlängerten Markes in der Höhe der Oliven. In dieser Gegend finden sich einmal Kerne der Stränge, wie der *Fasciculi graciles, cuneati* und *laterales*, dann Ursprungs- und Endkerne von Nerven, und zwar des *Hypoglossus, Accessorius, Vagus, Glossopharyngeus, Acusticus* z. Th. und *Trigeminus*, endlich drittens zerstreute Nervenzellen ohne bestimmte Anordnung.

Was erstens die Kerne der zarten Stränge anlangt, so sind dieselben vor der Eröffnung des Centralkanals ganz gut ausgeprägt, treten dann aber nach und nach zurück und sind da, wo die Rautengrube weit offen und der Hypoglossuskern am Boden derselben liegt, nur noch mässig entwickelt, während zugleich die weisse Substanz dieser Stränge in eine Menge kleiner Längsbündel sich zerlegt. Im weiteren Verlaufe zieht sich der *Fasciculus gracilis* immer mehr von der Mitte nach der Seite zurück und tritt an seine Stelle erst der Endkern des Vagus und bald auch der Acusticushauptkern, alles in einer Gegend, wo der Hypoglossuskern noch ganz schön entwickelt ist. Zugleich verschmilzt der zarte Strang immer mehr mit dem *Fasciculus cuneatus* und bilden

bald beide diese Stränge eine im Verhältniss zu früher kleinere Masse, von welcher der mediale Theil wesentlich aus Querschnitten kleiner Nervenbündel besteht, von denen *Roller* gezeigt hat, dass sie dem *Acusticus* angehören (absteigende oder spinale Acusticuswurzel). Der laterale Theil des *Fasciculus cuneatus* enthält auch in dieser Gegend viele Ganglienzellen (Fig. 450) und grenzt seitlich an den in Bildung begriffenen *Pedunculus cerebelli*, während die spinale Vaguswurzel an der medialen Seite der kleinbündeligen Acusticusfelder ihre Lage hat.

Weiter cerebralwärts, da wo der Hypoglossuskern nicht mehr vorhanden ist, schwindet nach und nach jeder Unterschied zwischen den oben genannten beiden Theilen und kann von einem *Fasciculus gracilis* und *cuneatus* kaum mehr die Rede sein. Immerhin enthält das nunmehr einfache Feld kleiner Bündel von Acusticusfasern in seinem lateralen Theile stets mehr Ganglienzellen von demselben Charakter der früheren des *F. cuneatus* als der mediale Theil.

Sehr verschieden ausgeprägte Bildungen grauer Substanz finden sich an der dorsalen Seite der Olive zwischen derselben und der spinalen Trigeminuswurzel, die am besten als Kerne des Seitenstranges zusammengefasst werden. Diese Ansammlungen beginnen, wie wir oben schon sahen, bereits in der Gegend der Pyramidenkreuzung im Bereiche der *Formatio reticularis* an der ventralen Seite der Accessoriuswurzeln, als Kern des Seitenstranges und bilden von da an bis zum Auftreten der Olive eine ziemlich gut begrenzte, rundliche Masse, an deren medialen Seite häufig noch ein zweiter, mehr rundlicher oder länglich runder Kern vorkommen kann. Weiter cerebralwärts besteht dieser Kern bei noch geschlossenem Centralkanale in gewissen Fällen aus einer breiten Platte, deren lateraler Rand dorsalwärts hakenförmig umgebogen ist, oder hier knopfförmig verdickt sich zeigt (Fig. 448). Diese Platte zieht sich fast dem ganzen dorsalen Rande der Olive entlang und hat es oft den Anschein, als ob deren medialer Theil später als dorsale Nebenolive sich abzweigte. Doch ist dies nur Schein und tritt die letztere zwischen dem Kerne des Seitenstranges und dem Olivenblatte als anfänglich ganz dünner, grauer Streifen auf. Mit dem Stärkerwerden des dorsalen Olivennebenkernes verliert auch der Kern des Seitenstranges seine gute Begrenzung. Doch unterscheidet man nicht selten einen medialen und einen lateralen Theil an ihm, von denen der mediale später an die laterale Seite der Nebenolive tritt und oft wie einen besonderen Nebenolivenkern darstellt (Fig. 450). Bei weit offener Rautengrube wird der Kern des Seitenstranges sehr diffus und schwindet als besondere Bildung noch bevor die Olive ihr cerebrales Ende erreicht hat. Die Zellen des Seitenstrangkernes und seiner verschiedenen Abzweigungen sind rundlich-eckig von mittlerer Grösse und übertreffen im Allgemeinen diejenigen der Oliven und ihrer Nebenkerne an Durchmesser.

An der dorsalen Seite dieser Kernbildungen im Seitenstrange tritt im Bereiche der Vagus- und Glossopharyngeuswurzeln eine bald mehr, bald weniger scharf begrenzte Zellenmasse auf, der *Nucleus ambiguus* von *Clarke*, zu welcher ein Theil der Wurzeln der genannten Nerven sich umbiegen und da enden. Dieser Kern, dessen Zellen zu den grösseren gehören und rundlich-

eckig, spindel- und sternförmig sind, wird allgemein seit *Meynert* unzweifelhaft mit Recht als motorischer Vagus- und Glossopharyngeuskern gedeutet.

Endlich sind noch viele zerstreute Zellen zu erwähnen, die besonders im lateralen Theile der *Substantia reticularis*, lateral von den Hypoglossuswurzeln, aber auch an der medialen Seite derselben bis gegen die *Raphe* hin sich finden und durch ihre Grösse und Sternform auffallend sind. Obschon diese Zellen nur selten dichtere Häufchen bilden, wollen wir dieselben doch unter dem Namen *Nucleus magnocellularis diffusus* begreifen. Einen Theil dieser Zellen hat *Bechterew* als *Nucleus reticularis Tegmenti* bezeichnet.

§ 136.

Verhalten der weissen Substanz im Bereiche der Oliven. Diese Substanz zerfällt wesentlich in horizontal und in longitudinal verlaufende Elemente. Von den ersteren schildere ich in erster Linie die sogenannten Bogenfasern oder *Fibrae arcuatae s. arciformes*.

In weiterer Entwicklung der im § 132 erwähnten Schleifenfaserung bildet sich nach und nach ein mächtiges System innerer, im Allgemeinen horizontal verlaufender Bogenfasern aus, zu denen dann noch oberflächliche solche Elemente sich gesellen. Diese Fasern stellen zwar scheinbar ein fast den ganzen Querschnitt der *Medulla oblongata* durchziehendes Fasersystem dar, haben jedoch offenbar eine sehr verschiedene Bedeutung. Ich unterscheide:

1. Bogenfasern, die aus den grauen Kernen der *Fasc. graciles* und *cuneati*, z. Th. auch aus dem Endkerne der spinalen Trigeminuswurzel und demjenigen der spinalen Vago-Glossopharyngeuswurzel stammen und einfach als Schleifenfasern bezeichnet werden können, da sie eine unmittelbare Fortsetzung und weitere Entwicklung der Schleifenkreuzung darstellen. Diese Bogenfasern nehmen, wie wir sahen, schon unterhalb der Oliven eine mächtige Entwicklung an, erfüllen das ganze Innere der *Med. oblongata* von den dorsalen Strängen an bis zu den Pyramiden und bilden zwischen diesen und dem Centralkanale wie eine im *Diameter dorso-ventralis* stehende Mittelplatte, die sogenannte Naht, *Raphe* von *Stilling*, indem hier die Fasern von beiden Seiten unter verschiedenen Winkeln sich kreuzen. Das Auftreten der Oliven bedingt dann eine Aenderung in diesem Verhalten und scheiden sich von hier an die Schleifenfasern in zwei Unterabtheilungen.

Die einen oder die dorsalen Schleifenfasern (*Fibrae arcuatae internae dorsales*), Fig. 448, verlaufen bogenförmig dorsal von den Oliven zur *Raphe*, während die andern oder die Olivenschleifenfasern (*Fibrae arcuatae internae ventrales*) mit eigenthümlicher Biegung die Olivenblätter durchsetzen, in die Marksubstanz derselben eintreten und aus dem *Hilus* des Organes herauskommend zur *Raphe* sich begeben.

Die *Raphe* besprechen wir am besten an diesem Orte, weil ein guter Theil ihrer Fasern von den Schleifenfasern abstammt. Dieselbe besteht aus queren, aus schiefen und aus Fasern, die in dorso-ventralem Durchmesser verlaufen. Im Allgemeinen wenden sich die dorsalsten Schleifenfasern, sobald sie

in die *Raphe* eingetreten sind, unter fast rechtwinkeligen Umbiegungen ventralwärts und verlaufen auf kürzere oder längere Strecken in sagittalen Richtungen, um dann nach der andern Seite abzubiegen. Doch kommen auch schon in dieser Gegend, wie dann vor allem in der Mitte der *Raphe* Bündel vor, die, pinselförmig zerfahrend, theils quer, theils schief dorsalwärts oder ventralwärts auf die andere Seite treten. Gegen den Grund der ventralen Spalte endlich erscheinen Faserzüge, die vorwiegend sagittal dahinziehen und in eine oberflächliche Lage horizontaler Fasern an den Pyramiden übergehen, von der noch weiter die Rede sein wird. Im Grunde der genannten Fissur findet man übrigens in gewissen Fällen auch Bogenfasern mit ventralwärts gerichteter Konkavität, die scheinbar in sagittale Fasern übergehen, jedoch bei genauerer Verfolgung im Bereiche der Pyramiden auf die andere Seite treten.

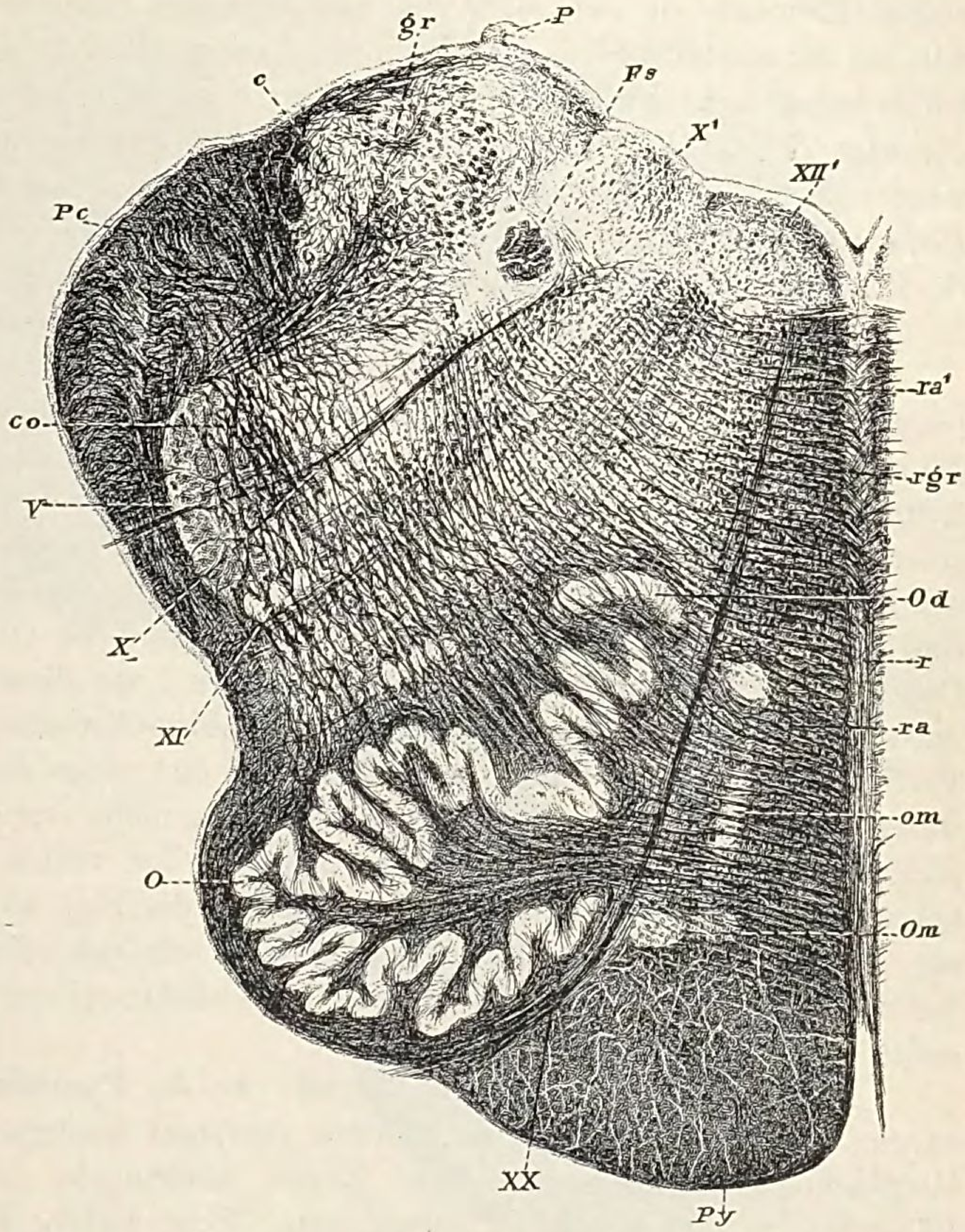


Fig. 450.

2. H o r i z o n t a l f a s e r n, welche die dorsalen Stränge oberflächlich umgeben, *Fibrae arcuatae superficiales dorsales.* Die einen

Fig. 450. Querschnitt der *Medulla oblongata* des Menschen in der Gegend des distalen Abschnittes des *Sinus rhomboidalis.* Nach einem *Weigert* von Dr. *O. Schultze.* Nr. 96. Vergrösserung 6 : 1. *Py* Pyramiden; *XX Radix hypoglossi; XII' Nucleus hypoglossi; O Oliva; Om Oliva medialis; Od Oliva dorsalis; ra Subst. reticularis alba, pars ventralis* (Schleifenschicht); *ra' Subst. reticularis alba, pars dorsalis* (Ventralstranggrundbündel oder *Fasciculus longitudinalis dorsalis*); *r* Raphe; *X Radix vagi; XI Radix accessorii; co* Kleinhirn-Olivenfasern; *X' Nucleus terminalis vagi; Fs Fasciculus solitarius* (absteigende Vago-Glossopharyngeuswurzel); *P* Ponticulus s. Ligula; *gr* Rest des *Fasciculus gracilis* mit der absteigenden Acusticuswurzel; *c* Rest des *Nucleus cuneati; Pc Pedunculus cerebelli; rgr Substantia reticularis grisea* mit den *Fibrae arcuatae internae; V* sensible Quintuswurzel. Zwischen ihr und den Oliven mehrere Nester grauer Substanz, der *Nucleus lateralis.*

derselben oder die Kleinhirn-Seitenstrangfasern stammen aus den Seitensträngen der Gegend zwischen dem Kern dieser Stränge und den Durchtrittsstellen der Accessoriuswurzeln, wenden sich nach der Dorsalseite (Fig. 448 *F.arc.2*) und verlaufen oberflächlich an der spinalen Trigeminuswurzel weiter. Diese Fasern begeben sich zum *Pedunculus cerebelli*, in dessen Elemente sie sich umbiegen und treten in ihren ersten Andeutungen bereits an der caudalen Seite der Oliven gleichzeitig mit den ersten Spuren der Schleifenkreuzung auf. Eine zweite Kategorie von *Fibrae arcuatae superficiales dorsales* (Fig. 448 *F.arc.1*) stammt aus den zarten und Keilsträngen, wendet sich, oberflächlich an denselben gelegen, lateralwärts ebenfalls zum *Pedunculus cerebelli* und scheint eine Verbindung der Dorsalstränge des Rückenmarks mit dem kleinen Hirn darzustellen, die jedoch keine direkte ist, da die Elemente dieser Fasern alle der feineren Art sind.

3. Als *Fibrae arcuatae superficiales ventrales* (Fig. 448 *F.arc.*) lassen sich in Querschnittsebenen verlaufende Fasern bezeichnen, welche oberflächlich die Pyramiden umkreisen. Diese Fasern, die ebenfalls schon caudal von den Oliven auftreten und cerebralwärts je länger je mehr an Stärke zunehmen, hängen einerseits im Grunde der ventralen Spalte mit den sagittal verlaufenden Fasern der *Raphe* zusammen und lassen sich anderseits da, wo dieselben gut entwickelt sind, um die Pyramiden und den lateralen Rand der Oliven herum bis in die Gegend des früheren Seitenstranges verfolgen, wo dieselben allem Anscheine nach mit den gleich zu erwähnenden Kleinhirn-Olivenfasern zusammenhängen. So findet sich dies an Schnitten, wie die Fig. 451 einen darstellt. Weiter caudalwärts, wie in der Fig. 447, gehen diese Fasern nicht einmal ganz um die Pyramiden herum und sind die Oliven nur von den vorhin erwähnten Kleinhirn-Olivenfasern umzogen. Schnitte endlich wie die Fig. 451 zeigen diese Fasern um die Pyramiden und Oliven herum und scheinen dieselben in der Gegend des Seitenstrangkernes mit den Fasern der Kleinhirnseitenstrangbahn zum *Pedunculus cerebelli* sich zu vermengen.

Beachtung verdient, dass überall, wo die Pyramiden einen *Nucleus arcuatus* oder Kerne neben der *Fissura ventralis* besitzen, viele der genannten oberflächlichen Fasern in diese Kerne eindringen, um hier mit feinsten Fäserchen zu enden oder zu entspringen. Sehr wichtig ist auch, dass in allen Gegenden, namentlich da wo der *Nucleus arcuatus* liegt, auch aus dem Innern der Pyramiden horizontal verlaufende feinere und gröbere Faserbündelchen heraustreten und den oberflächlichen Bogenfasern sich zugesellen, indem sie alle medianwärts gegen die *Raphe* zu verlaufen, Elemente, deren Deutung später versucht werden soll.

4. Kleinhirn-Olivenfasern, *Fibrae cerebello-olivares* (Fig. 450, 451 *co*). Diese ungemein wichtigen Fasern fallen in allen höheren Theilen der *Med. oblongata* sehr leicht in die Augen und stellen eine Verbindung des Kleinhirns mit der entgegengesetzten Olive dar. Dieselben treten in schwachen Andeutungen schon bei der Eröffnung des Centralkanales auf und werden mit der Vergrösserung des *Pedunculus cerebelli*, dessen Hauptmasse aus ihnen besteht, immer mächtiger, bis sie endlich mit der Ausbildung dieses Organes und dem Verschwinden der Olive sich verlieren. Bei guter Entwicklung zeigen sie das in der Fig. 450 wiedergegebene Bild. Aus dem *Pedunculus cerebelli P c*

ventralwärts austretend, verlaufen diese Fasern theils an der lateralen Seite der spinalen Trigeminuswurzel, theils durch dieselbe hindurch, theils und vor allem durch die *Substantia gelatinosa* und ziehen im Allgemeinen gegen das dorsale

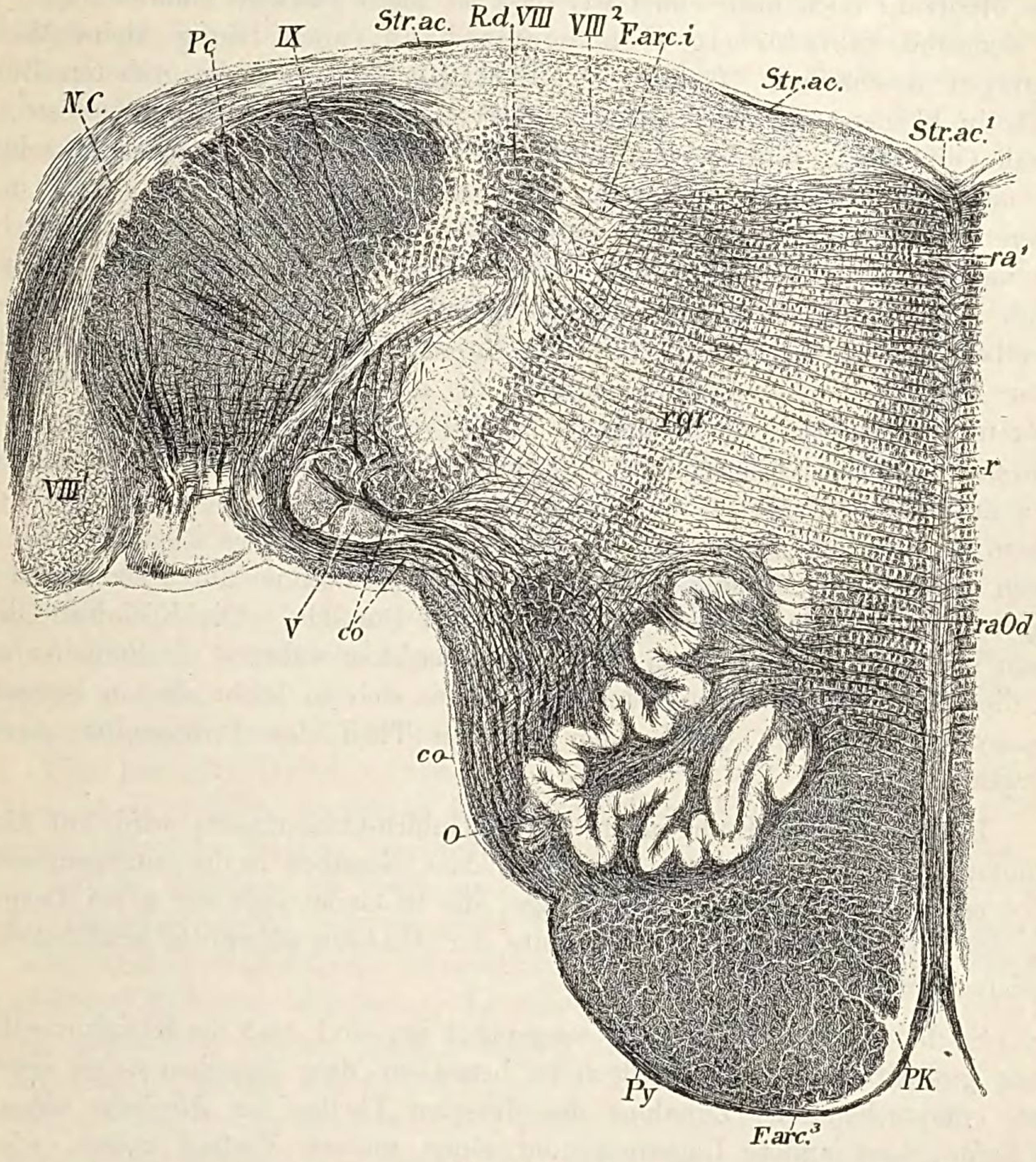


Fig. 451.

Olivenblatt und die dorsale Nebenolive. Hierbei schliessen sich die medialsten ihrer Fasern an die Schleifenfasern an und verlaufen ähnlich wie diese in sanft

Fig. 451. Querschnitt durch die *Medulla oblongata* in der Gegend des Acusticuseintrittes vom Menschen. Nach einem *Weigert* von Dr. *O. Schultze* Nr. 147, 149. Vergrösserung 7 : 1. *Py* Pyramiden; *PK Nucleus arciformis*; *O* Olive; *Od Oliva dorsalis*; *ra Substantia reticularis alba*, ventraler Theil oder Schleifenschicht; *ra' Substantia reticularis alba P. dorsalis* oder *Fasciculus longitudinalis dorsalis*; *r* Raphe; *co* Kleinhirn-Olivenfasern; *V Radix sensibilis quinti*; $VIII^1$ *Ganglion ventrale acustici*; $VIII^2$ *Ganglion dorsale acustici*; *NC Nervus cochleae*; *Pc Pedunculus cerebelli*; *IX Radix suprema glossopharyngei*; *R.d VIII Radix descendens acustici*; *F.arc.i Fibrae arcuatae internae*; *Str.ac. Stria acustica*; *rgr Subst. reticularis grisea.*

geschwungenen Bögen. Hierauf folgen lateralwärts z. Th. gerade, z. Th. s-förmig gebogene Elemente, bis endlich die lateralsten dieser Kleinhirn-Olivenfasern, der äusseren Kontour des Querschnittes folgend, mit starken Biegungen die spinale Quintuswurzel und die Oliven lateralwärts umgeben. Was diese Fasern in ihrer Mehrzahl noch auszeichnet ist, dass sie meist stärkere Bündel bilden und mit denselben netzförmig sich verflechten, auch häufig kleine Wellenbiegungen beschreiben. Gegen die Oliven zu lösen sich die gröberen Bündel z. Th. in kleinere auf, durchsetzen in ihrer Mehrzahl, ohne sich aufzulösen, das dorsale Olivenblatt, und begeben sich in die Markmasse des Organes, um schliesslich aus dem *Hilus* hervorzutreten und nach Durchsetzung der *Raphe* in die andere Olive einzudringen. Ein anderer Theil der Kleinhirn-Olivenfasern biegt sich um den Rand der Olive nach der ventralen Seite derselben um, sendet am Rande selbst noch einzelne Bündel durch das Olivenblatt, um mit der Mehrzahl derselben ventral von der Olive in die *Raphe* einzutreten. Noch andere Theile dieser *Fibrae cerebello-olivares* endlich, die unmittelbar an die Schleifenfasern grenzen, durchsetzen als kompakte Bündel die dorsale Nebenolive, den angrenzenden medialsten Theil des dorsalen Olivenblattes und die mediale Nebenolive und begeben sich ebenfalls zur *Raphe*. In dieser verhalten sich alle diese Fasern in derselben Weise wie die Schleifenfasern, d. h. es lösen sich die einzelnen Bündel pinselförmig auf, indem sie die Mittellinie durchsetzen und vereinigen sich auf der andern Seite wieder zu Bündeln. Die Kleinhirn-Olivenfasern sind beim 7 monatlichen Fötus noch marklos, während die Schleifenfasern um diese Zeit alle markhaltig sind, und lassen sich so leicht als ein besonderes Fasersystem erkennen, das in den dorsalen Theil des *Pedunculus cerebelli* übergeht.

In Betreff der Endigungen der Kleinhirn-Olivenfasern wird auf Grund pathologischer Erfahrungen angenommen, dass dieselben in der entgegengesetzten Olive enden oder beginnen, eine Frage, die in einem späteren § bei Besprechung des Zusammenhanges der Elemente der *Medulla oblongata* ausführlich behandelt werden wird.

So lange als die Olive gut ausgeprägt ist, sind auch die Kleinhirn-Olivenfasern gut entwickelt; es ist jedoch zu bemerken, dass dieselben weiter cerebralwärts entsprechend der Zunahme des dorsalen Theiles der *Medulla oblongata* an Breite, eine andere Lagerung und einen andern Verlauf zeigen, wie die Fig. 451 im Vergleiche mit der Fig. 450 deutlich lehrt, in welchem Schnitte diese Fasern an der lateralen und medialen Seite der spinalen Trigeminuswurzel und selbst mitten in derselben als starke Bündel schön s-förmig verlaufender Fasern zum Vorschein kommen. So erscheinen diese Elemente in abnehmender Mächtigkeit bis zum cerebralen Ende der Olive, um dann schliesslich sich zu verlieren, während zugleich der nun vollkommen ausgebildete Kleinhirnstiel in das *Cerebellum* eintritt.

Ausser den eben geschilderten verschiedenen Arten von Bogenfasern enthält die *Medulla oblongata* im Bereiche der Oliven noch eine grosse Anzahl anderer horizontal verlaufender Elemente, die im Allgemeinen als radiäre bezeichnet werden können. Dieselben konvergiren, von den ventralen und den Seitentheilen des Organes ausgehend, gegen den Centralkanal und die

Rautengrube, kreuzen sich mit den Bogenfasern unter meist rechten Winkeln und zerfallen in folgende Unterabtheilungen:

a) Die schon erwähnten, in dorso-ventraler Richtung dahinziehenden Fasern der *Raphe*.

b) Die Wurzelfasern des *Hypoglossus*, *Accessorius*, *Vagus* und *Glossopharyngeus*, die in einem späteren § ausführlich besprochen werden sollen.

c) Besondere innere, radiäre Fasern, *Fibrae radiales internae*, die noch wenig Beachtung gefunden haben, obschon dieselben in allen Gegenden mehr weniger deutlich entwickelt sind. Solche Elemente finden sich vor allem in der lateral von den Hypoglossuswurzeln gelegenen *Substantia reticularis* in Gestalt meist zarter Bündel feinerer Fasern, fehlen aber auch zwischen den Hypoglossuswurzeln und der *Raphe* nicht, obschon dieselben hier meist nur vereinzelt, seltener in stärkeren Bündeln, vorkommen. Ich leite diese Elemente z. Th. von den Pyramiden, z. Th. von den Zellen des *Nucleus magnocellularis diffusus* ab.

Abgesehen von den Wurzelfasern der betreffenden Hirnnerven sind die horizontalen Nervenfasern dieses Theiles der *Medulla oblongata* grösstentheils von der feineren Art, doch kommen auch stärkere Fasern unter ihnen vor. So enthalten die *Fibrae arcuatae superficiales dorsales et laterales* vorwiegend mittelstarke Fasern von 5—8 μ und ebenso sind die sub 2. angeführten Fasern vorwiegend mittelstarke. Dagegen sieht man im Marke der Oliven unter den *Fibrae arcuatae superficiales ventrales* und bei den aus den Kernen der *Fasciculi graciles* und *cuneati* herauskommenden Fasern ausschliesslich oder fast ausschliesslich feine Elemente.

Von longitudinal verlaufenden Nervenfasern finden sich in der Gegend, in welcher die Oliven ihre Lage haben, eine gewisse Zahl grösserer, zusammenhängender Massen, von denen wir 1. die Pyramiden erwähnen. An diesen ist die Zunahme an Breite und Masse nach oben besonders bemerkenswerth. Dieselbe scheint, wie ich schon vor langer Zeit betonte, auf Rechnung von horizontal in diese Stränge einstrahlenden Fasern zu kommen, die dann die longitudinale Richtung annehmen, Elemente, die bis jetzt nur von *Clarke* genauer geschildert wurden (*Med. obl.* pag. 247, 248), aber auch bei *Dean* erwähnt und abgebildet sind (Pl. XV). *Clarke* leitet diese horizontalen Fasern von den kleinen Pyramidenkernen ab, worin ich ihm Recht gebe, doch glaube ich auch Einstrahlungen von Seiten der Oliven und der *Raphe* her und vom grossen Pyramidenkerne aus gesehen zu haben, von denen die ersteren als Verbindungsfasern der Pyramiden (resp. des Grosshirns) mit andern Theilen der *Med. oblongata* zu deuten wären, worüber unten mehr.

2. Weitere longitudinale Züge sind die Reste des Seitenstranges, die in der ganzen Höhe der Oliven zwischen diesen und der spinalen Quintuswurzel einerseits, anderseits zwischen der *Fibrae arcuatae superficiales dorsales* und den *Fibrae cerebello-olivares* eine kleinere, zusammenhängende Masse von dreieckigem Querschnitte darstellen.

3. Besonders bemerkenswerth sind ferner in diesem Abschnitte der *Med. oblongata* die *Pedunculi cerebelli* oder die *Corpora restiformia* der Autoren, die nach und nach in Gestalt einer mächtigen, longitudinalen Fasermasse an der dorsalen Seite der spinalen Trigeminuswurzel und an der lateralen

Seite der Rautengrube auftreten. Frägt man nach der Herkunft dieser Fasermasse, so kommt man in erster Linie auf den Theil des Seitenstranges der *Medulla spinalis*, der nicht in die Pyramidenkreuzung eingeht, und zwar auf die sogenannte Kleinhirnseitenstrangbahn von *Flechsig*. Von diesen Elementen habe ich schon vor Jahren (5. Aufl. S. 295) gezeigt, dass sie zu den *Fibrae arcuatae superficiales dorsales* in Beziehung stehen, d. h. unmittelbar in dieselben sich umbiegen, von welchen Fasern ich damals auch als wahrscheinlich annahm, dass sie im *Pedunculus cerebelli* zum kleinen Hirn verlaufen, was neuere Untersuchungen voll bestätigt haben.

Ausser diesen Fasern nehmen die *Pedunculi cerebelli*, wie wir oben schon angaben, auch noch auf:

a) sehr zahlreiche Elemente, die in Gestalt innerer Bogenfasern (*Fibrae cerebello-olivares*) aus der Olive der andern Seite stammen,

b) Elemente der *Fasciculi cuneati* und *graciles*, die oberflächlich an diesen Strängen gelegen, als *Fibrae arcuatae superficiales dorsales mediales* seitwärts ziehen, an die *Pedunculi cerebelli* sich anschliessen und eine Kleinhirn-Hinterstrangbahn darstellen.

4. Einen auffallenden Längszug bildet die spinale Trigeminuswurzel, die je weiter nach dem Gehirn zu um so mächtiger wird und mit ihrem Endkerne oder der Fortsetzung des *Caput cornus posterioris* bis zur Austrittsstelle dieses Nerven aus der Brücke reicht, wie später genauer dargestellt werden soll.

5. Die spinale Vagus- und Glossopharyngeuswurzel oder der *Fasciculus solitarius* (Figg. 447, 448 *Fs*), die, je mehr man der Austrittsstelle dieser Nerven sich nähert, eine um so seitlichere Stellung einnimmt und endlich an der medialen Seite der *Corpus restiforme* ihre Lage hat (s. unten).

Ausser an den genannten Stellen trifft man eine gewisse Zahl grösserer und kleinerer Längsbündel, die jedoch keine stärkeren Ansammlungen darstellen, wie oben schon angegeben wurde, um die Oliven herum, ferner im *Fasciculus gracilis*, in welchem nach und nach ein ganzes Feld von kleineren Bündeln sich entwickelt, die *Roller* als aufsteigende Acusticuswurzel und *Edinger* z. Th. als direkte sensorische Kleinhirnbahn bezeichnet. Im *Fasciculus cuneatus*, der an der caudalen Seite der Oliven lange Zeit durch mächtige Entwicklung von Längsfasern sich auszeichnet, erhalten sich solche auch in der Höhe der Oliven noch längere Zeit, um endlich als grössere Ansammlungen zu verschwinden.

Zu allen diesen Bündeln von Längsfasern gesellen sich nun kleine und kleinste Längsbündelchen der verschiedensten Form, doch meist von runder, viereckiger oder rechteckiger Gestalt, die in grösster Zahl in dem ganzen Raume zwischen den Pyramiden, den Oliven, der centralen grauen Substanz und den dorsalen Strängen sich finden, deren Verhalten besonders *Stilling* ausgezeichnet schön dargestellt hat (*Med. obl.* Taf. V, VI), und die auch in den Figg. 451 u. 448 wiedergegeben sind. Diese kleinen Bündel bilden mit den sich kreuzenden Zügen der Schleifenfasern, der Kleinhirn-Olivenfasern, den radiären Wurzelfasern und den *Fibrae radiales internae* eine *Formatio reticularis* von ausnehmender Zierlichkeit, die nirgends in dieser Weise wiederkehrt wie hier.

Untersucht man diese *Formatio reticularis* genauer, so lässt sich dieselbe in zwei Hauptabtheilungen zerfällen. Die eine oder die *Subst. retic. alba* (Olivenzwischenschicht, ventrales Feld der *Subst. reticularis*) liegt medianwärts von den Hypoglossuswurzeln und den Oliven, zu beiden Seiten der *Raphe*, und enthält nur spärliche Nervenzellen, während die andere oder *Subst. reticul. grisea*, zwischen den Oliven und den dorsalen Strängen gelegen, von den Wurzeln des XI.—IX. Nervenpaares durchzogen wird und zahlreiche Nervenzellen führt.

Die Deutung der zahlreichen kleinen longitudinalen Faserbündel betreffend, so sei hier vorläufig nur folgendes erwähnt. Ein sehr bedeutender Theil derselben, und vor allem die zwischen den Oliven zu beiden Seiten der *Raphe* befindlichen Fasern, gehören der Schleifenkreuzung an und sind aus Umbiegungen der Schleifenfasern entstanden, weshalb diese Bildung am besten Schleifenschicht, *Lemniscus*, genannt wird. Wie viel von den übrigen Theilen der *Subst. reticularis alba* noch zur Schleifenschicht zählt, ist vorläufig nicht zu bestimmen, doch ist ganz sicher, dass der dorsale Theil dieser Lage eine andere Bedeutung hat und aus den Vorderstranggrundbündeln hervorgeht, welche, wie wir oben sahen, zugleich mit der Entwicklung der Pyramidenkreuzung lateralwärts und dorsalwärts verdrängt werden. Dieser Theil der *Substantia reticularis alba* ist nichts anderes als der Anfang des sogenannten hinteren Längsbündels von *Meynert* (dorsales Längsbündel *ich*), welches jedoch in diesem Theile der *Medulla oblongata* noch nicht von der Schleifenschicht oder dem *Lemniscus* abgegrenzt ist.

Zweifelhafte Längsbündel der *Formatio reticularis* sind: 1. die centrale Haubenbahn von *Bechterew* (*Edinger*, 3. Aufl. S. 163, Fig. 126) zwischen der Olive und dorsalen Nebenolive; 2. die Längsbündel meiner *Subst. retic. grisea*, die *Edinger* als motorisches Feld der Haube bezeichnet (S. 161).

Von den hier beschriebenen longitudinalen Fasern sind die stärksten (von 2,2—9,0 μ) die zwischen der *Raphe* und den Hypoglossuswurzeln gelegenen, vor allem diejenigen des *Fasciculus longitudinalis dorsalis*, doch verfeinern sich dieselben auch hier gegen die Pyramiden zu, deren Elemente 2,2—6,7 μ messen. Seitwärts des *Hypoglossus* werden die Längsfasern der *Formatio reticularis* nach und nach feiner und finden sich mittelstarke Fasern nur noch im Reste des Seitenstranges an der dorsalen Seite und neben dem Kerne desselben und etwas feiner in der spinalen Trigeminuswurzel.

§ 137.

Der oberhalb der Oliven gelegene Theil der *Medulla oblongata* und die Brücke. Das Studium einer Reihe von Schnitten vom obersten Ende der Olive bis zum Anfange der Hirnstiele ergiebt folgende allgemeine Verhältnisse.

Die Verbreiterung der *Medulla oblongata* in ihrem dorsalen Abschnitte, die schon in der oberen Olivengegend begann (Fig. 451) und die z. Th. auf der immer stärkeren Zunahme des *Pedunculus cerebelli* oder des *Corpus restiforme*, z. Th. auf dem Auftreten der Wurzeln und Ganglienmassen des

N. acusticus beruht, nimmt bis zum Beginne der Brücke zu, um dann allmählich dadurch sich auszugleichen, dass auch die ventrale Seite immer mehr an Breite gewinnt. Während dies geschieht treten als neue Bildungen die Brückenfasern auf, und senkt sich der *Pedunculus cerebelli* in das kleine Gehirn ein und verliert sich aus dem Gebiete der Brücke (Fig. 452). Die Brückenfasern bilden eine oberflächliche, an der ventralen Seite der Pyramiden befindliche Lage, die ventralen Brückenfasern, während tiefer die dorsalen Brückenfasern an der dorsalen Seite der Pyramiden da liegen, wo früher die Olivenzwischenschicht oder die Schleifenfasern und später die Trapezfasern sich befanden, von welchen die ersteren nun an der dorsalen Seite der tiefen Brückenfasern ihre Lage haben.

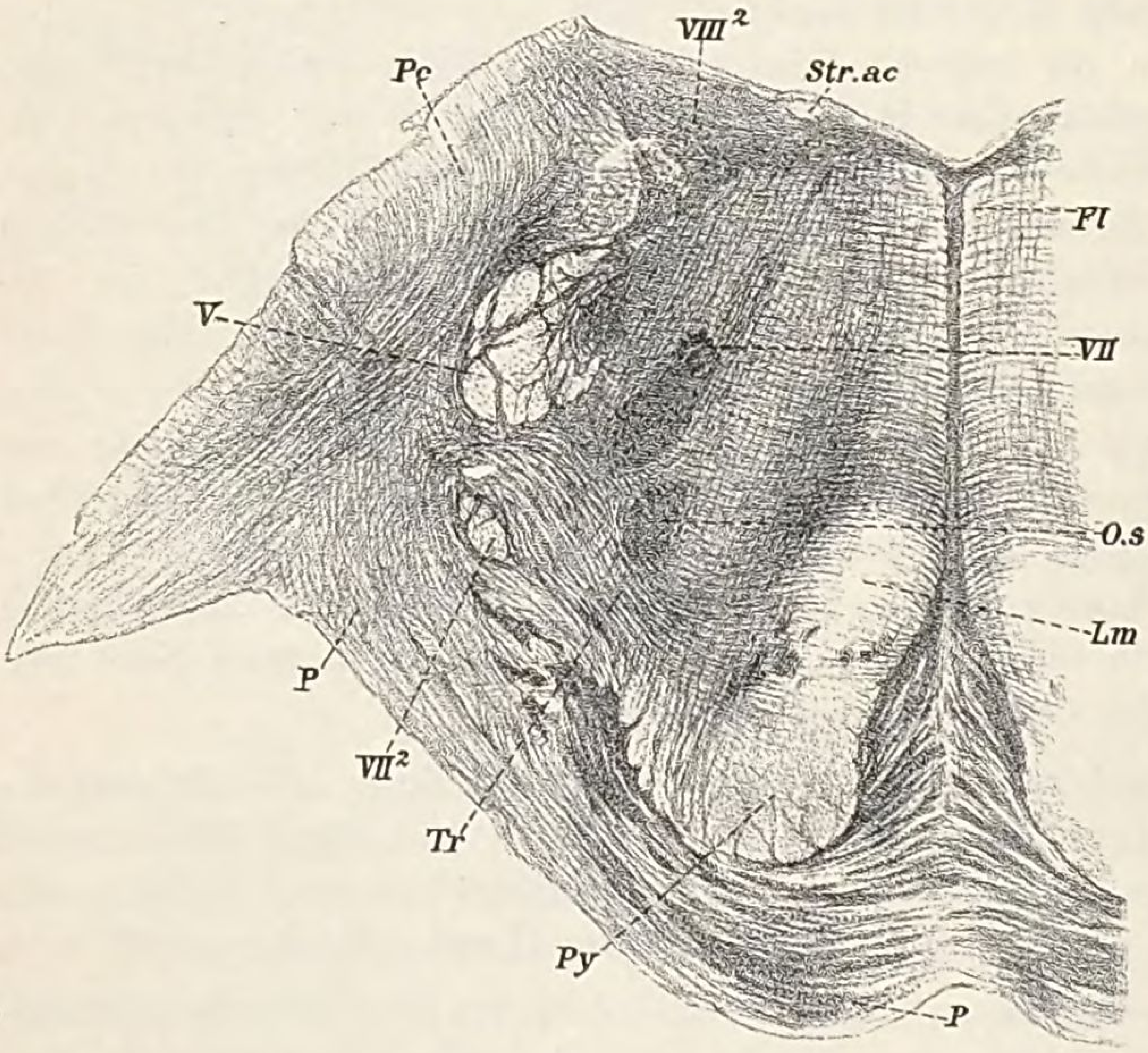


Fig. 452.

Die ebengenannten Trapezfasern oder das *Corpus trapezoides* (Fig. 452 *Tr*) lässt sich als Vorläufer der tiefen Brückenfasern ansehen. Bei Säugern spielen diese queren Elemente eine grosse Rolle, beim Menschen dagegen zeigen sie nur eine geringere Entwicklung und werden wir dieselben später beim *Nervus acusticus* genauer zu schildern haben.

In Betreff der Unterscheidung der Brückenfasern in zwei Abtheilungen ist nun übrigens noch zu bemerken, dass dieselbe nicht streng durchzuführen ist, indem, abgesehen von dem distalen Ende der Brücke, eine grössere oder

Fig. 452. Querschnitt durch die Brücke des Menschen in der Gegend dicht über der grossen Olive mit dem Facialis-Kerne und der kleinen Olive, *Carmin* Nr. 87, 89. 4:1. *P* Oberflächliche Querfasern der Brücke zwischen die Pyramiden sich hineinziehend mit vielen dunklen Kernen grauer Substanz, den Brückenkernen; *Py* Pyramiden nicht scharf abgegrenzt von *Lm* dem *Lemniscus medialis*. Zwischen beiden Querfasern mit einigen Brückenkernen, die z. Th. den tiefen Brückenfasern, z. Th. dem *Corpus trapezoides Tr* angehören; *Os* kleine Olive; *Fl Fasciculus longitudinalis dorsalis*; *VII* Facialiskern mit Andeutung des ersten Wurzelabschnittes; *VII²* austretende Facialiswurzel im Querschnitt; *V* spinale Trigeminuswurzel mit *Substantia gelatinosa*; *Str.ac Stria acustica* quer getroffen am Boden der Rautengrube; *VIII² Ganglion dorsale acustici*; *Pc Pedunculus cerebelli*.

geringere Zahl dieser Elemente auch durch die Pyramiden zieht und dieselben zerklüftet. Im distalen Theile der Brücke spielen ferner ausser der spinalen Trigeminuswurzel, die immer noch in der früher geschilderten Weise vorhanden ist, der sechste, siebente und achte Kopfnerv eine Hauptrolle. Der *Acusticus* entwickelt hier erst sein medialés Bündel oder den *Nervus vestibuli* und die Hauptansammlungen grauer Substanz, mit denen auch die Trapezfasern zusammenhängen. Der *Facialis* tritt mit seinem Kerne schon in der Gegend des cerebralen Endes der Olive auf, zwischen derselben und der spinalen Quintuswurzel, und behält auch weiter seine Lage an der medialen Seite dieses Nerven bei. Die Ursprungsfasern des *Facialis* begeben sich, ohne zusammen-

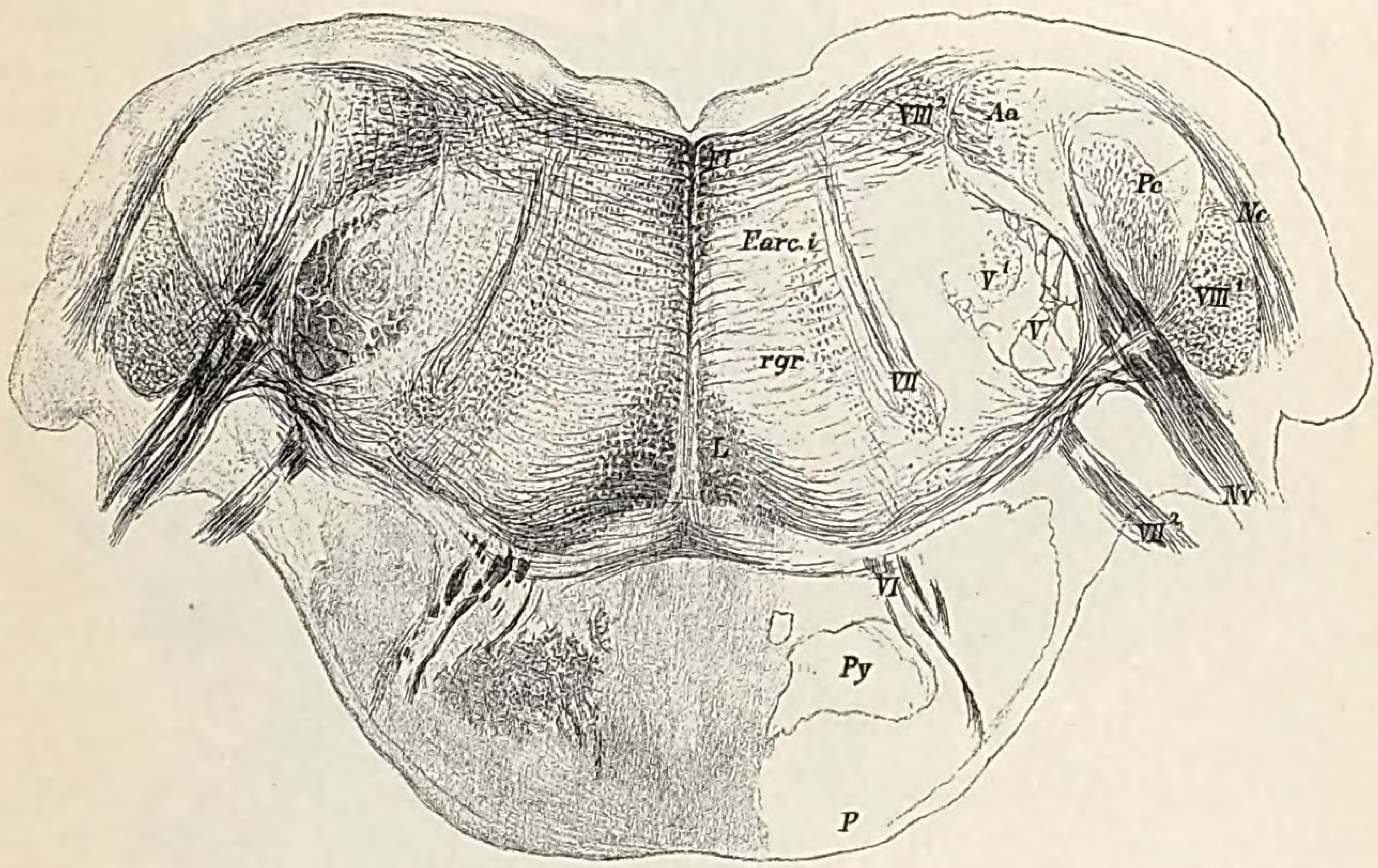


Fig. 453.

hängende Bündel zu bilden, nach und nach gegen den Boden der Rautengrube und erzeugen hier, knieförmig sich umbiegend, ein proximalwärts verlaufendes, kurzes Längsbündel (Fig. 454 VII¹), welches den Abducenskern bogenförmig umgiebt und lateralwärts in die Tiefe tretend an der medialen Seite der sensiblen Quintuswurzel vorbeizieht und, die distalsten Brückenfasern durchbrechend, austritt (Figg. 452 und 453 VII²).

Der *Nervus abducens* (Figg. 453, 454 VI) hat seinen Kern in der Aushöhlung der Facialisumbiegung an der lateralen Seite des *Fasciculus*

Fig. 453. Querschnitt durch den distalen Theil der Brücke eines Fötus von acht Monaten, *Pal*'sche Färbung. Vergr. 6 : 1. Nr. 143. *P* Oberflächliche Brückenfasern marklos; *Py* Pyramiden marklos; *VIII¹ Ganglion ventrale acustici*, aus welchem das markhaltige Trapezium entspringt; *VIII² Ganglion dorsale acustici*; *Nv Nervus vestibuli*; *VII²* austretende Facialiswurzel; *VII* Facialiskern mit dem ersten Abschnitte der Wurzel; *VI* Abducenswurzeln; *L Lemniscus*, Schleifenschicht; *Fl Fasciculus longitudinalis*; *F.arc.i Fibrae arcuatae internae*; *Nc Nervus cochleae*; *Pc Pedunculus cerebelli*; *Aa* spinale Acusticuswurzel; *rgr Substantia reticularis grisea*; *V* spinale Trigeminuswurzel; *V¹* Trigeminusendkern oder *Subst. gelatinosa*.

longitudinalis dorsalis und ziehen seine Wurzeln im Allgemeinen in dorsoventraler Richtung durch die Brücke, um am distalen Rande derselben auszutreten.

In dem Theile der Brücke, in welchem die obengenannten Nerven und ihre Kerne sich finden, treten als besondere neue Bildungen die kleinere (obere) Olive, der Trapezkern, die Brückenkerne und die mediale Schleife auf. Die erste (Figg. 454, 455 *Os*) ist beim Menschen eine unscheinbare Ansammlung grauer Substanz an der ventralen medialen Seite des Facialis-

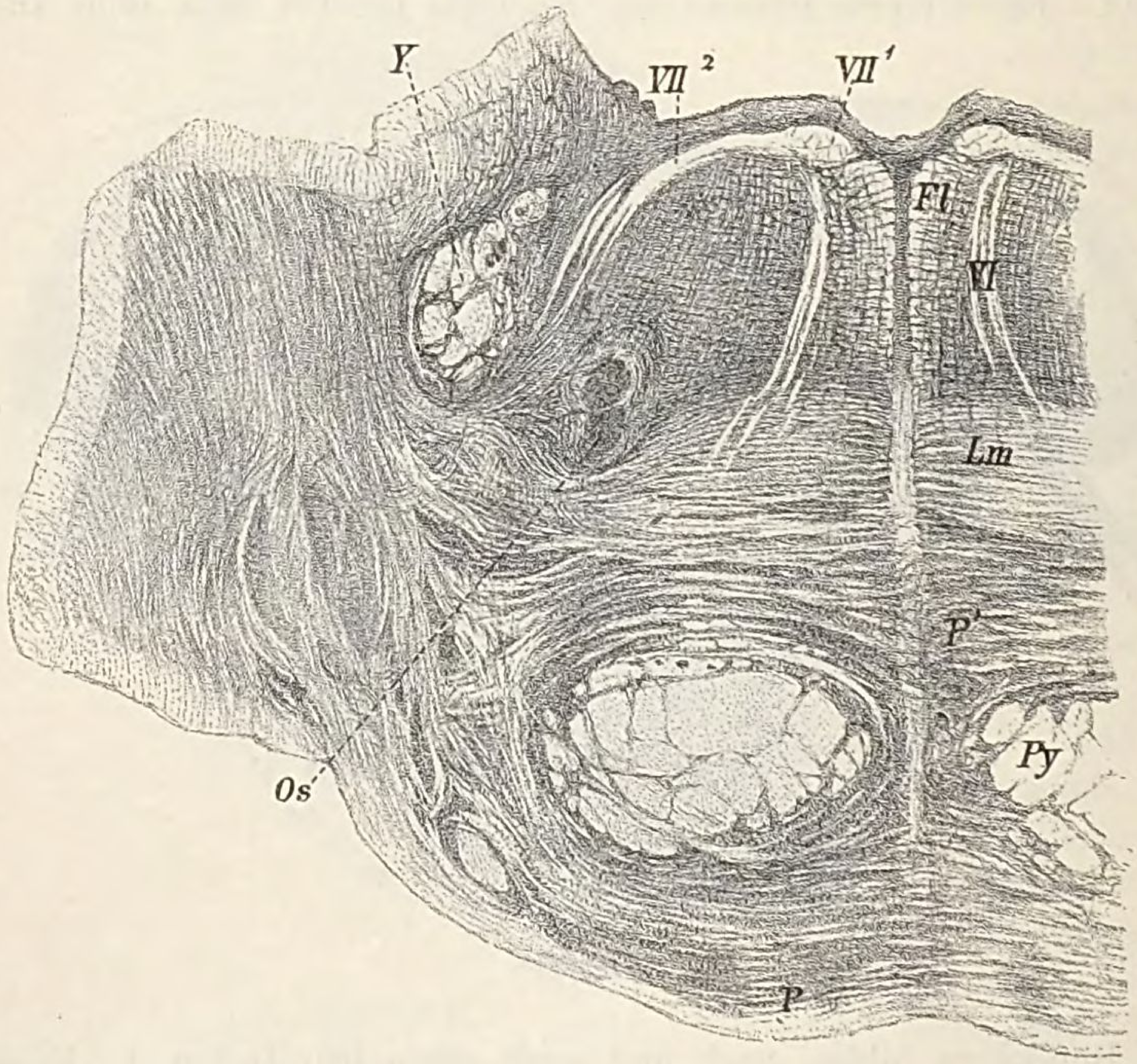


Fig. 454.

kernes, die auch nicht von ferne an die zierlichen Bildungen gewisser Säuger (Hund, Katze z. B.) erinnert, und der inmitten der Trapezfasern (*Tr*) gelegene *Nucleus trapezoides* ist noch unscheinbarer. Die mediale Schleife, *Lemniscus medialis* (l. c. *Lm*) dagegen, die in der Olivengegend noch keine deutlichen Umrisse erkennen liess, erhebt sich allmählich zu einem scharf begrenzten Bündel von Längsfasern, welches anfänglich dicht an den Trapezfasern und den Pyramiden anliegt, mit dem Auftreten und der Zunahme der dorsalen

Fig. 454. Querschnitt durch die Brücke des Menschen in der Gegend des Facialisknies. Nach einem Karminpräparate Nr. 135 der mikr. Sammlung. Vergrösserung 4 : 1. *P* Oberflächliche Querfasern der Brücke; *P'* tiefe Querfasern der Brücke mit Trapezfasern; *Py* Pyramidenbündel; *Lm Lemniscus medialis* (Schleife); *VI* Abducenswurzeln; *VII*[1] Facialisknie; *VII*[2] austretende Facialiswurzel; *V* spinale Trigeminuswurzel; *Os Oliva minor*.

Brückenfasern dagegen immer mehr an die dorsale Seite rückt und nach und nach zu einem platten, breiteren Bündel sich gestaltet (Fig. 457). Die sogenannten Brückenkerne sind ungemein zahlreiche, kleinere und grössere Ansammlungen grauer Substanz, die überall zwischen den Querfasern und den Pyramidenfasern und inmitten der Querfasern zu finden sind.

Von den schon in der Olivengegend vorkommenden Theilen zeigt der distale Theil der Brücke immer noch die *Raphe* und die *Substantia reticularis grisea*, welche jetzt den Namen Haubenfeld führt, mit einer wechselnden Menge von Nervenzellen und dann den immer schärfer sich begrenzenden und auf ein kleineres Mass sich zusammenziehenden *Fasciculus longitudinalis dorsalis* (*Fl*).

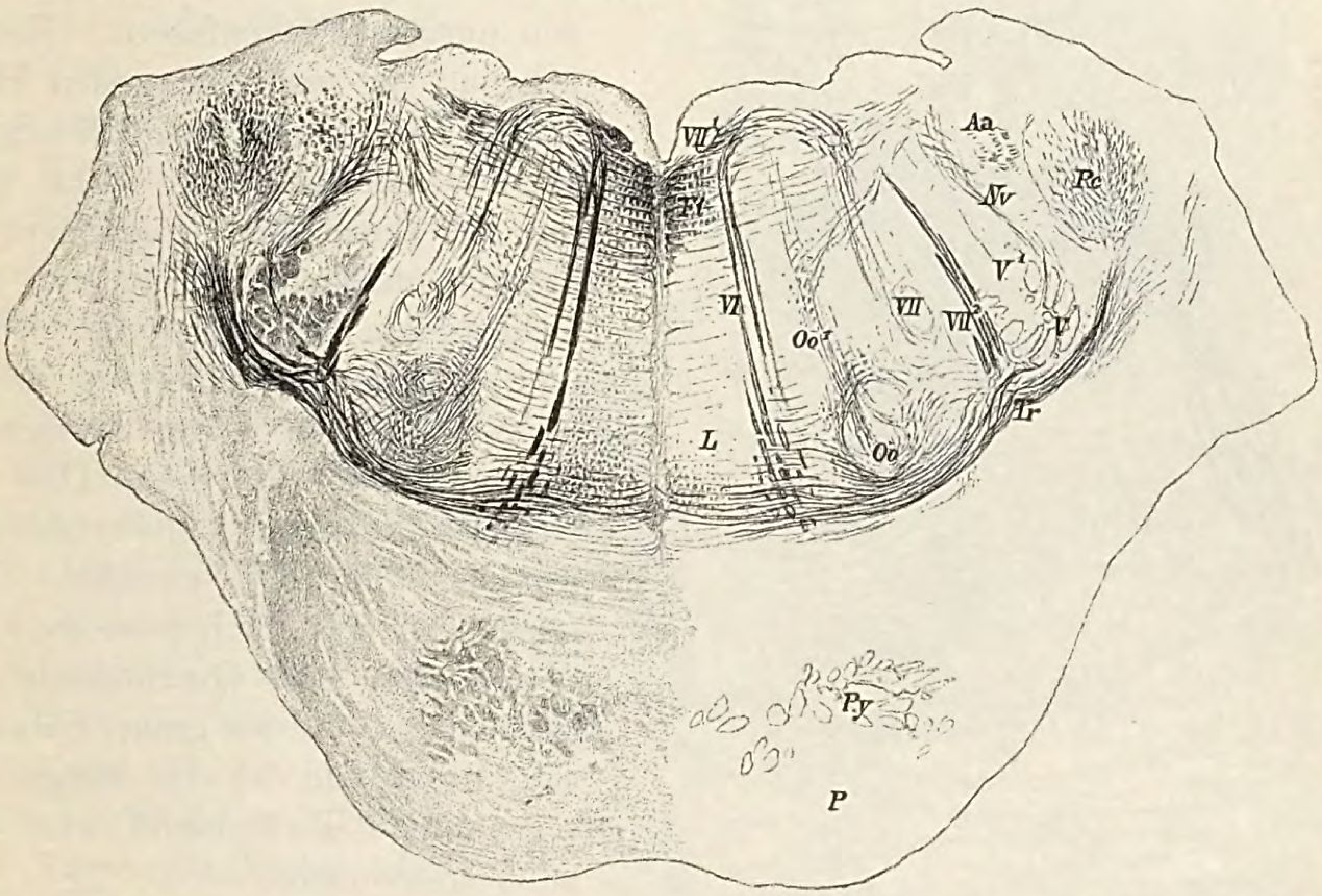


Fig. 455.

Einen bemerkenswerthen Theil der Brücke bildet der mittlere Abschnitt derselben, in welchem der motorische Trigeminuskern auftritt und dieser Nerv das *Crus cerebelli ad pontem* durchbricht (Fig. 456). In diesem Theile ist der mittlere Bezirk, abgesehen von der Abwesenheit des sechsten und siebenten Nerven und ihrer Kerne, noch ebenso beschaffen wie früher, nur dass die Querfasern der Brücke und die Pyramiden noch mehr an Masse zugenommen haben, dagegen erscheint nun an der dorsalen, medialen Seite der *Substantia gelatinosa* oder des sensiblen Trigeminus-Endkernes (*Va*) der motorische Ursprungskern eines Theiles der *Portio minor* dieses Nerven (Fig. 456 *Vm*), endlich die so-

Fig. 455. Querschnitt durch den distalen Theil der Brücke eines Embryo von acht Monaten. *Pal*'sche Färbung, Vergr. 6 : 1, Nr. 153. Buchstaben wie bei Fig. 453. *Oo* kleine Olive; *Oo*[1] Stiel der Olive; *VII*[1] Facialisknie; *Tr* Trapezium markhaltig.

genannte cerebrale (absteigende) Trigeminuswurzel (*Vd*), die ich dem motorischen Theile dieses Nerven zurechne. Ferner lassen sich in bestimmten Höhen die durch die Brückenfasern durchsetzenden Bündel der beiden Trigeminuswurzeln nachweisen (*Va Vm*), die an jeder Seite mit ihren Kernen einen starken Zug bilden, der die eigentliche Brücke von den Seitentheilen abgrenzt, in denen die *Crura cerebelli ad pontem*, die letzten Bündel des *Corpus restiforme* und die neu auftauchenden *Brachia conjunctiva* oder *Crura cerebelli ad cerebrum* zu erkennen sind.

Sobald der fünfte Nerv ausgetreten ist, zeigt die Brücke einen einfacheren und bis zum Beginne der Hirnstiele ziemlich gleichbleibenden Bau, von dem die Fig. 457 eine gute Vorstellung giebt. Der ventrale grössere Abschnitt derselben besteht wesentlich aus den Fortsetzungen der Pyramiden und den queren Brückenfasern. Erstere nehmen, je mehr man den Hirnstielen sich nähert, an Mächtigkeit zu und bestehen nun nicht mehr nur aus einem oder einigen grossen zusammenhängenden Bündeln, vielmehr werden dieselben durch stärkere und schwächere Querfaserzüge in eine grosse Zahl von Unterabtheilungen geschieden, so dass dieser Theil des Organes auf Querschnitten ein sehr bezeichnendes Bild gewährt. Wie früher, so sind auch jetzt zwischen den Längs- und Querbündeln die zahlreichsten Nester grauer Substanz eingestreut und ist die Menge der sogenannten Brückenkerne eine ganz erstaunliche.

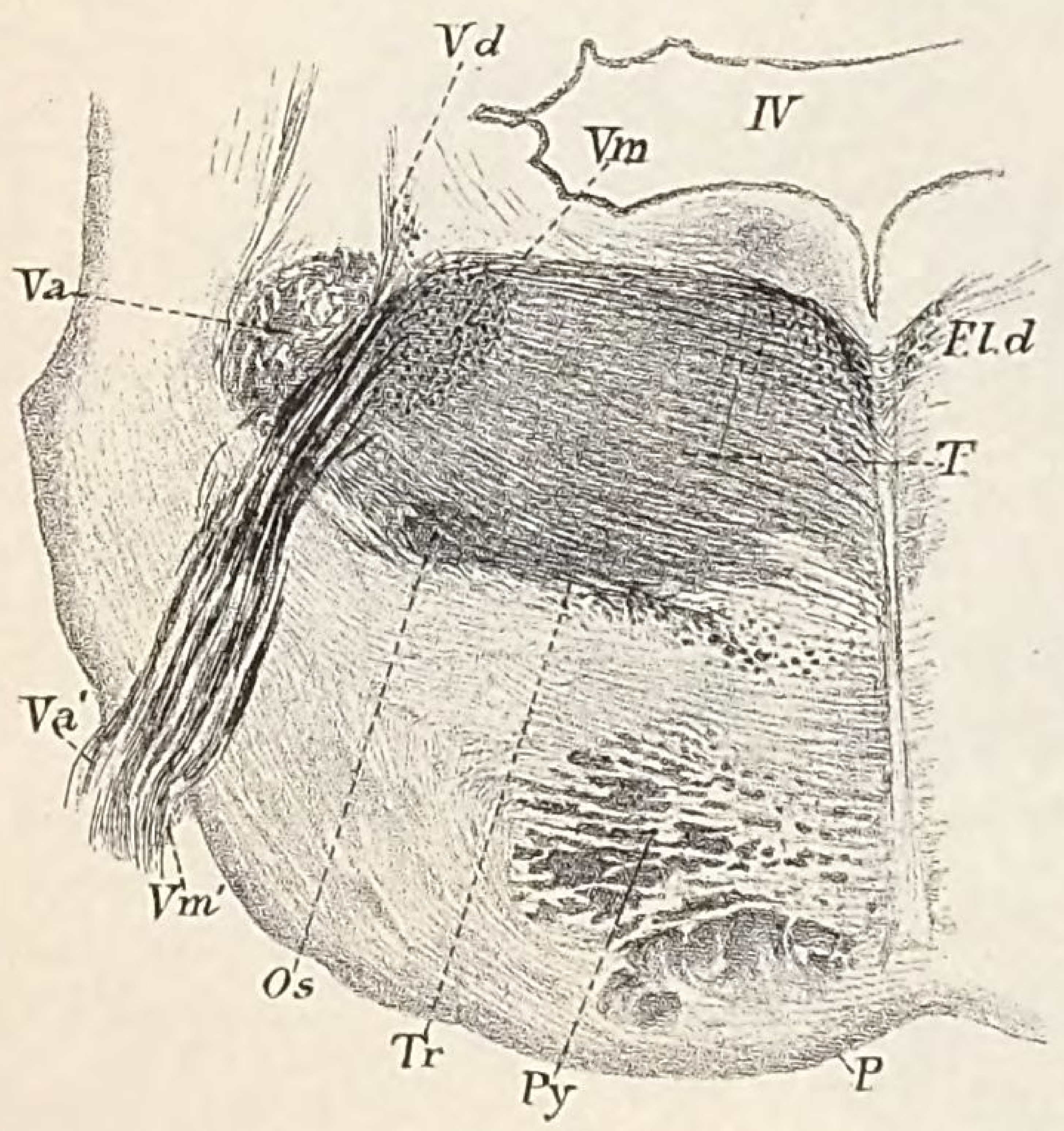


Fig. 456.

In dem dorsalen oder Haubentheile der Brücke sind die am meisten in die Augen springenden Theile die Schleife, der Bindearm und das dorsale Längsbündel. Zu dem schon erwähnten *Lemniscus medialis* (*Lm*) gesellt sich allmählich ein lateraler Abschnitt, der *Lemniscus lateralis Ll*, mit einem kleinen Kerne grauer Substanz (*Nucleus lemnisci lateralis*), welcher in der Gegend deutlich wird, wo früher die kleine Olive und die spinale Trigeminuswurzel sich fand und in den an der lateralen Seite des Bindearms äusserlich sichtbaren *Laqueus* übergeht. Die mediale Schleife selbst (*Lm*) gestaltet sich nach und nach zu einem breiten, platten Bande, welches von der Medianebene bis zum lateralen Rande der Haubenregion reicht und hier mehr

Fig. 456. Querschnitt der Brücke am Trigeminusaustritte eines menschl. Embryo von sechs Monaten. Vergr. 1 : 6, Nr. 102, 103. *P* Pons, *Py* Pyramis, beide marklos; *T* Tegmentum, *Os* kleine Olive, grösstentheils marklos; *Fl.d Fasc. long. dors.* markhaltig; *Vm* motorischer V-Kern; *Vm'* motorische V-Wurzel; *Vd Quintus descendens* mit Kerntheilen; *Va* spinale Trigeminuswurzel quer; *Va'* Austritt derselben; *IV* Ventriculus IV. *Weigert.*

weniger ausgesprochen mit dem *Lemniscus lateralis* sich verbindet. Beachtung verdient jedoch, dass am medialen Ende des *Lemniscus medialis* einige Schleifenbündel in die dorso-ventrale Richtung umbiegen (*Lmp*) und gegen die Pyramiden zu verlaufen, um, wie es scheint, mit diesen sich zu vereinigen (Fig. 458).

Die Bindearme oder die *Crura cerebelli ad cerebrum* (Fig. 457 *Br c*) stellen anfangs jederseits eine dicke, im Querschnitte halbmondförmige Fasermasse mit stark konvexem lateralem und schwach vertieftem medialem Rande dar, die an der lateralen und dorsalen Seite des proximalen Theiles des vierten Ventrikels ihre Lage hat und mit derjenigen der andern Seite durch das *Velum medullare dorsale* zusammenhängt. Im weiteren Verlaufe werden dann diese Bindearme stärker gekrümmt und ziehen sich an beiden Enden spitz aus; auch rücken dieselben immer mehr ventralwärts und liegen endlich als zwei hackenförmige Bildungen in der Konkavität der beiden Schleifen ventralwärts von der Ebene des Bodens des Ventrikels, so dass ihre medialen Enden nicht mehr weit von der Medianebene abstehen. Durch diese Lageveränderung wird die *Substantia reticularis grisea* oder das Haubenfeld (*Tg*) nach und nach eingeengt und sinkt zu einer je länger um so unbedeutenderen Bildung herab, wie dies später im Einzelnen nachgewiesen werden soll.

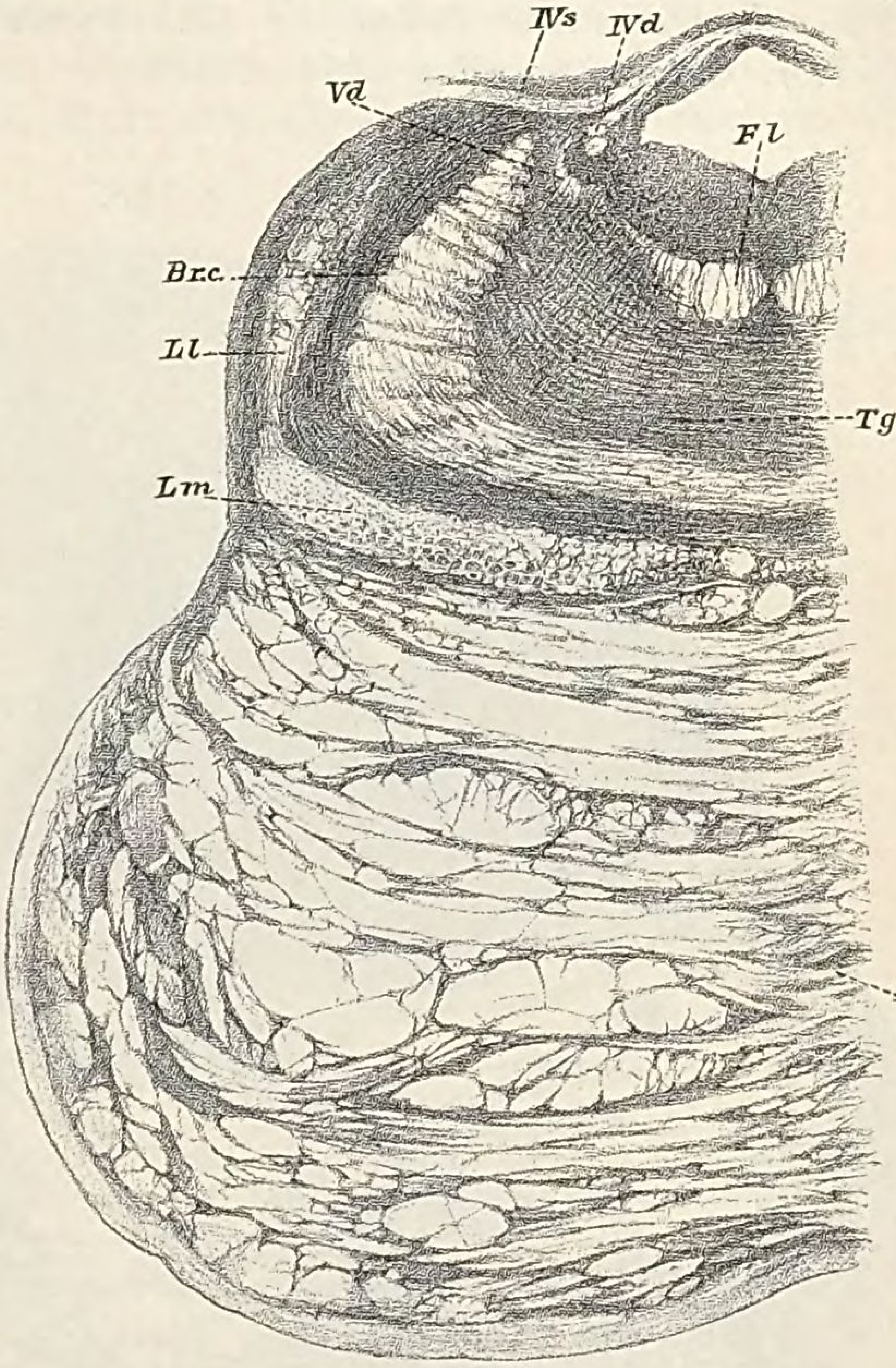


Fig. 457.

Der *Fasciculus longitudinalis dorsalis* (*Fl*) ist im proximalen Theile der Brücke klein, aber scharf gezeichnet und stellt eine neben der Medianebene unweit des Bodens der Rautengrube gelegene, bald mehr rundliche, bald dreieckige Masse von Längsfasern dar, die lateralwärts in ein gebogenes, dünnes

Fig. 457. Querschnitt der Brücke. Karmin-Präp. 317, Vergr. 4 : 1 in der Gegend der Trochleariskreuzung im *Velum medullare dorsale*. *Br.c Brachium conjunctivum*; *Vd Quintus descendens*; *IVd* Trochleariswurzel der rechten Seite; *IVs* Trochleariswurzel der linken Seite; *Fl Fasciculus longitudinalis dorsalis*; *Tg* Tegmentum oder *Substantia reticularis*; *Lm Lemniscus medialis*; *Ll Lemniscus lateralis s. Laqueus*; *P* Pyramidenbündel und Querfasern der Brücke.

Blatt ausläuft und nahe an ein anderes zwischen dem Seitenrande des vierten Ventrikels und dem *Brachium conjunctivum* gelegenes Längsbündel heranreicht, welches nichts anderes ist, als die absteigende Trigeminuswurzel (*Vd*). In dieser Gegend findet sich auch der Haufen pigmentirter Nervenzellen, der als *Locus coeruleus* bekannt ist. Andere Ansammlungen von Nervenzellen liegen, wie oben schon erwähnt, im *Lemniscus lateralis* (*Nucleus lemnisci lateralis, Obersteiner*), ferner kommen überall in der *Subst. reticularis grisea* zerstreute Zellen vor (*N. reticularis tegmenti* und *N. centralis superior, Obersteiner*, Figg. 119 u. 124).

§ 138.

Hirnstiele, angrenzende Theile der Brücke und Vierhügel. Noch bevor der vierte Ventrikel sein Ende erreicht hat, treten im *Velum medullare dorsale* (*V. m. anterius*) dicht am *Corpus quadrigeminum distale* die *Nervi trochleares* auf (Fig. 457), kreuzen sich in demselben vollständig und begeben sich nach der Kreuzung an der medialen Seite der cerebralen Trigeminuswurzel ventralwärts, um dann zu beiden Seiten des *Aquaductus* grosshirnwärts eine longitudinale Richtung einzuschlagen und im Bereiche des genannten Vierhügels in den rundlichen Trochleariskernen ihr Ende zu erreichen, welche in einer Aushöhlung des *Fasciculus longitudinalis dorsalis* ihre Lage haben. Ein Schnitt, der, etwas schief geführt, wie die Fig. 459, den distalen Vierhügel und zugleich den proximalen Brückenrand trifft, zeigt den Trochleariskern, zugleich aber als Novum die Kreuzung der Bindearme, die

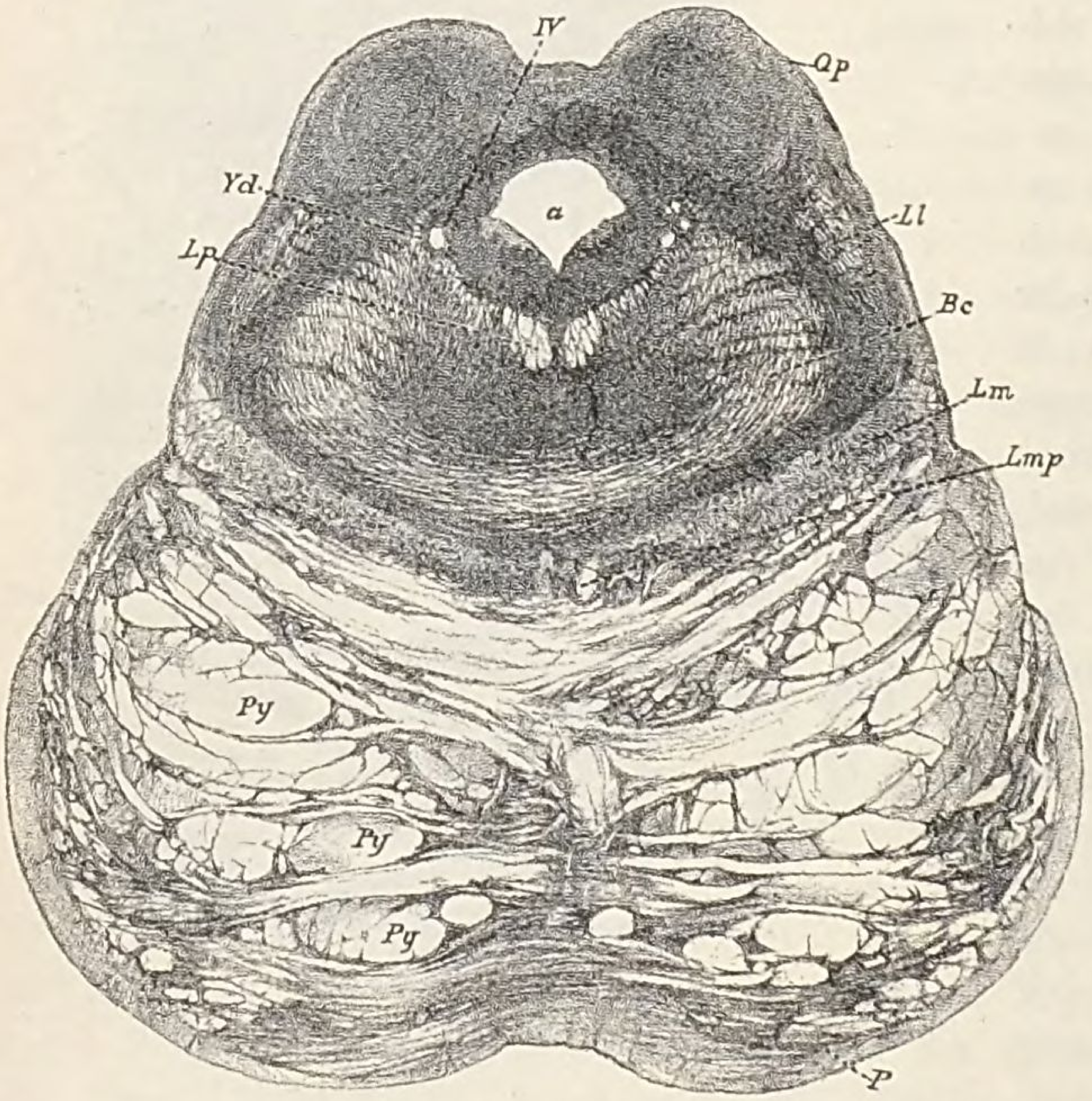


Fig. 458.

Fig. 458. Querschnitt durch die Brücke in der Gegend der distalen Vierhügel. Karmin-Präp. 341, Vergr. 2,7 : 1, *Lm Lemniscus medialis*; *Lmp* Bündel desselben zur ventralen Brückenseite; *Ll Lemniscus lateralis*; *Bc Brachia conjunctiva* in Kreuzung begriffen; *Lp Fasciculus longitudinalis dorsalis*; *a Aquaeductus Sylvii*; *IV* Wurzel des Trochlearis; *Vd Radix descendens quinti*; *P* oberflächliche Querfaserlage der Brücke.

ganz an die dorsale Seite des *Lemniscus medialis* gerückt sind und nun dicht am *Fasciculis longitudinalis dorsalis* stehen. Ferner lehrt dieser Querschnitt den grauen Kern des distalen Vierhügels kennen, der von zwei Ausbreitungen der *Lemniscus lateralis* umfasst wird, und zeigt ferner einen noch nicht beschriebenen Kern, zwischen *Lemniscus lateralis* und Bindearm, den ich *Nucleus tegmenti lateralis* nennen will (Fig. 458).

Etwas weiter tritt nun das bezeichnende Bild der Hirnstiele auf mit der Basis und dem *Tegmentum* und in Verbindung mit diesem das proximale Hügelpaar. Die Querfasern der Brücke fehlen ganz und treten nun die Pyramiden mächtig verstärkt als Hirnschenkelfuss auf, welchem an der

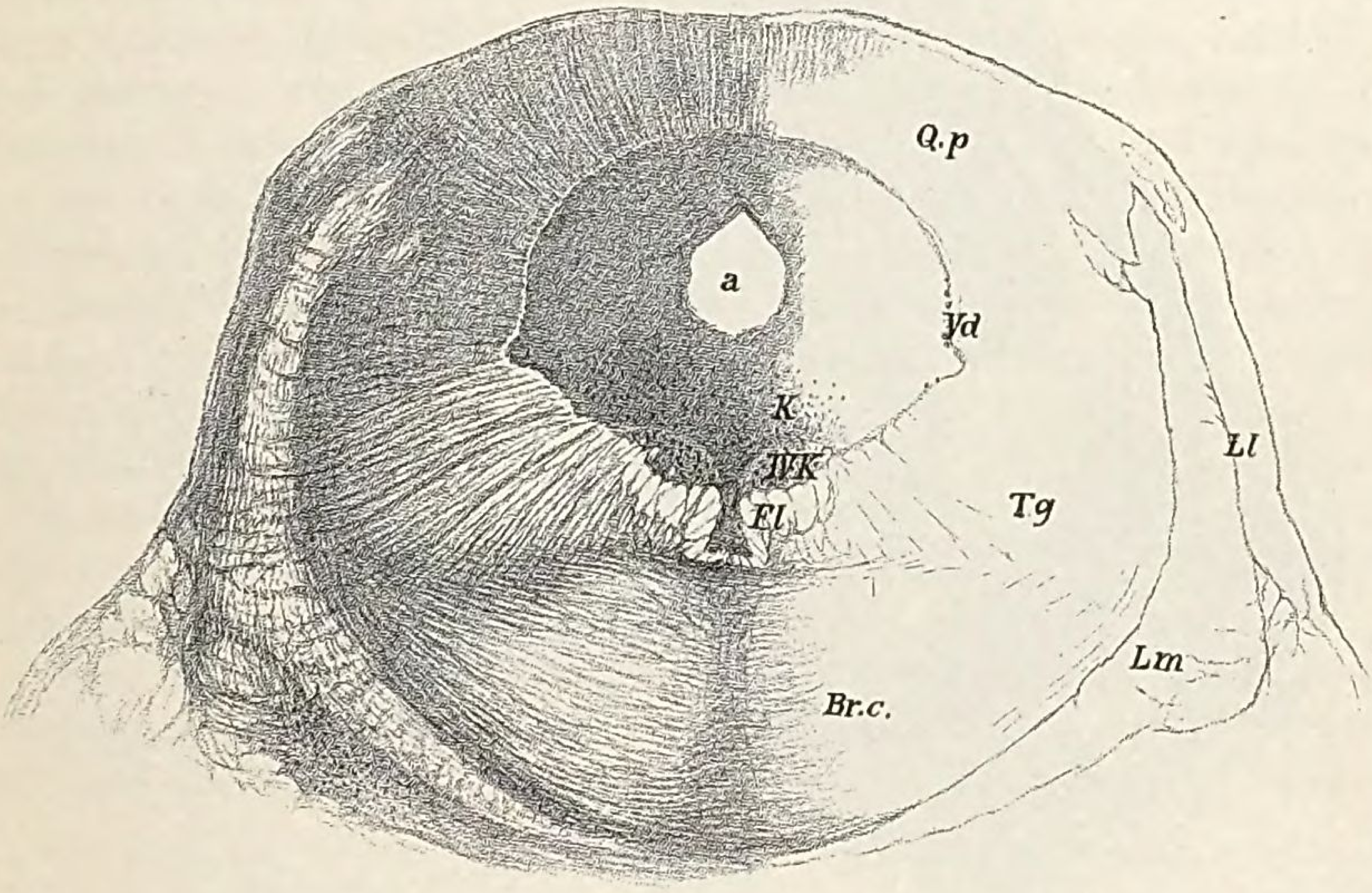


Fig. 459.

medialen Seite das dorso-ventral verlaufende Schleifenbündel anliegt, das bereits die Fig. 458 zeigte. Zwischen Haube und Fuss befindet sich die mächtige Zone schwarz pigmentirter Nervenzellen (*Subst. nigra*) mit unzähligen in allen Richtungen verlaufenden Nervenfasern und einer gewissen Zahl in den lateralen Theilen derselben vorkommenden stärkeren Längsbündeln mit z. Th. gröberen Fasern, die ich als *Fasciculi longitudinales intermedii* bezeichne (Fig. 460 *sn*[1]). Dieselben scheinen mit dem lateralen Theile des *Lemniscus medialis* sich zu entwickeln.

Fig. 459. Proximaler Theil der Brücke des Menschen in der Gegend des hintern Hügelpaares mit dem Trochleariskerne quer, Carmin. Vergr. 4:1, Nr. 389, 394, 396. *a Aquaeductus Sylvii* mit der denselben umgebenden grauen Substanz, die bei *K* in der Mitte und seitlich Anhäufungen grösserer Zellen zeigt; *Qp* distaler Vierhügel mit Andeutungen von Bogenfasern gegen die graue centrale Substanz zu; *Fl Fasciculus longitudinalis dorsalis*; *IV K* Kern des Trochlearis; *Br.c* verschmolzene Bindearme; *Tg* Tegmentum oder *Substantia reticularis*; *Vd Radix descendens trigemini* mit einigen grossen Zellen an ihrer medialen Seite; *Ll Lemniscus lateralis*; *Lm Lemniscus medialis.*

In der Haubenregion nehmen die gekreuzten Bindearme die Mitte ein und stellen jeder eine annähernd rechteckige Masse dar (weisser Kern der Haube), zwischen denen in der Mitte noch immer sich kreuzende Fasern vorkommen. Seitwärts und ventralwärts liegt diesen Gebilden der schmale, lange *Lemniscus medialis* an, während dieselben dorsalwärts nur durch einen geringen Zwischenraum von den *Fasciculi longitudinales dorsales* getrennt sind. In diesem Zwischenraume und lateralwärts von den genannten Längsbündeln findet sich alles, was von der *Substantia reticularis grisea* der distalen Theile noch sich

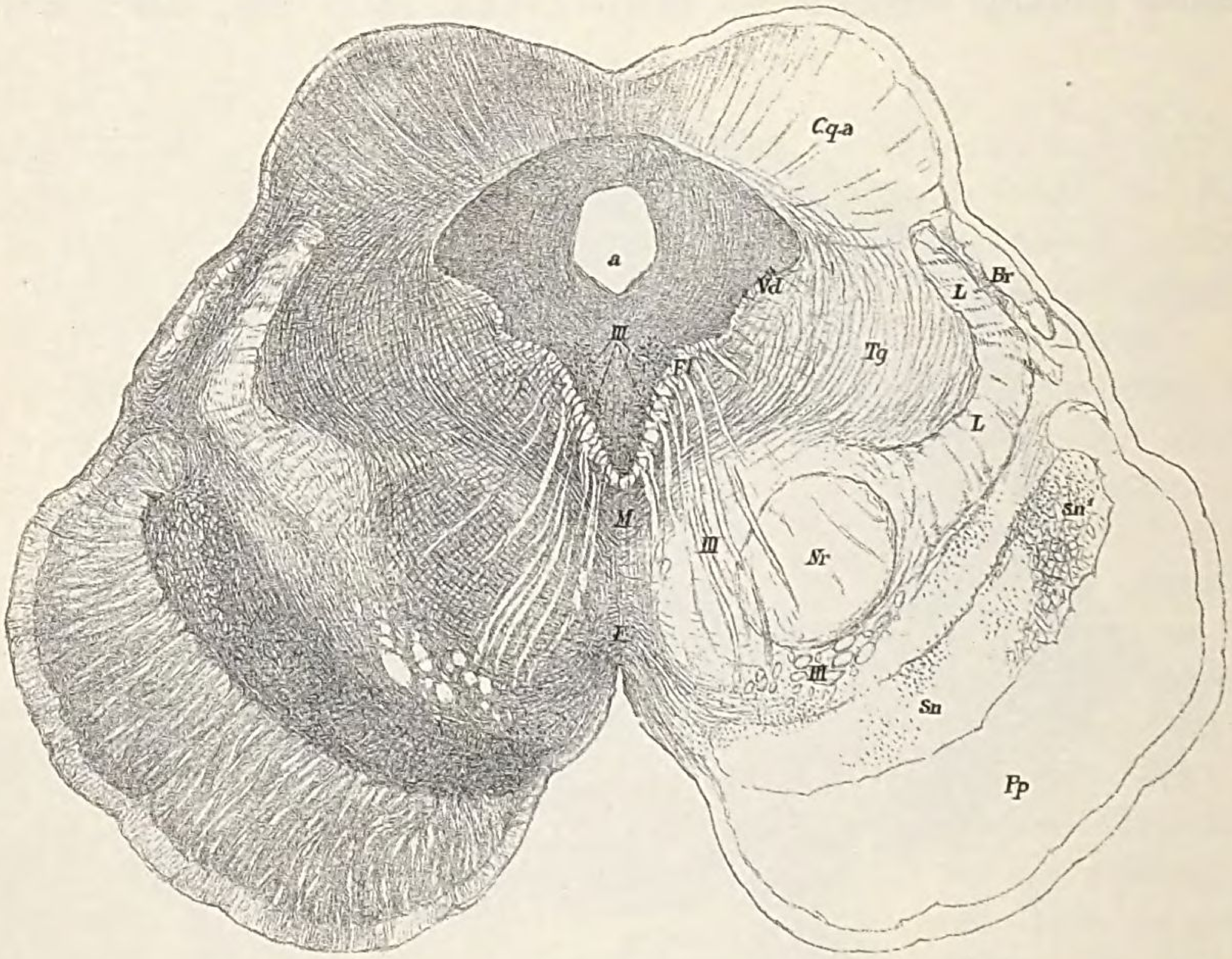


Fig. 460.

erhalten hat (Fig. 459). Während nämlich diese *Substantia reticularis* früher den ganzen Raum zwischen den *Lemnisci mediales*, der konkaven Seite der Bindearme und dem dorsalen Längsbündel einnahm, wird dieselbe durch die Kreuzung und Lageveränderung der Bindearme so verdrängt, wie oben angegeben wurde. Doch nimmt dieselbe später wieder an Masse zu, wie die Fig. 460 lehrt.

Um den *Aquæductus Sylvii* liegt eine mächtige Ansammlung grauer Substanz mit vielen unscheinbaren Nervenzellen und einem grösseren Kerne dorsal vom *Fasciculus longitudinalis dorsalis*, dem Anfange des Oculomotorius-

Fig. 460. Querschnitt durch die *Pedunculi cerebri* und die proximalen Vierhügel. Vergr. 4 : 1. Carmin. Nr. 448. *a Aquaeductus Sylvii*; *Cqa* proximaler Vierhügel; *Br* Arm desselben; *Fl Fasciculus longitudinalis dorsalis*; *III'* Kern der Oculomotorius; *III* Wurzeln des Oculomotorius längs und quer getroffen; *Nr Nucleus ruber tegmenti*; *M Meynert*'s fontainenartige Haubenkreuzung; *F Forel*'s ventrale Haubenkreuzung; *Tg* Tegmentum oder *Substantia reticularis*; *Sn Substantia nigra*; *Sn*[1] Längsbündel am Rande derselben; *Pp* Hirnschenkelfuss; *L* Lemniscus; *Vd* absteigende Quintuswurzel.

kernes. Seitlich vom *Aquæductus* ist immer noch die cerebrale Trigeminuswurzel mit einzelnen grossen Zellen zu sehen, dagegen fehlt nun der *Locus coeruleus*, der schon in der Gegend des Trochleariskernes nicht mehr da war. Der proximale Vierhügel endlich zeigt einen grauen Kern und quere Verbindungsfasern.

Weiter proximalwärts treten nun die Oculomotoriuswurzeln und Oculomotoriuskerne in mächtiger Entwicklung auf. Erstere ziehen durch den gekreuzten Bindearm, der, in Folge der Aufnahme von grauer Substanz nun als rother Kern der Haube bezeichnet, mehr zur Seite tritt und auch an Mächtigkeit gewinnt. Hirnschenkelfuss und *Substantia nigra* zeigen dieselben Verhältnisse wie früher, dagegen ist die mediale Schleife etwas kleiner geworden und durch den rothen Kern scheinbar etwas verdrängt. Besondere Beachtung verdienen zahlreiche Bogenfasern, die die graue Substanz um den *Aquæductus* umkreisen und theils ventralwärts den *Fasciculus longitudinalis dorsalis* durchziehen, theils zwischen demselben und dem rothen Kern der Haube verlaufen und auch diesen durchkreuzen. Diese Fasern hängen z. Th. mit der cerebralen Quintuswurzel zusammen, theils sind sie Ausstrahlungen der medialen Schleife, theils stammen sie aus den proximalen Vierhügeln. Besondere Beachtung verdient ihr Verhalten in der Medianebene, in der hier wieder in ihrer ganzen Ausdehnung in dorso-ventraler Richtung eine Art Naht auftritt, die in der proximalen Hälfte der Brücke nur in der Haubengegend zu finden war. In dieser *Raphe* kreuzen sich die genannten Bogenfasern und unterscheidet man mit *Forel* den dorsalen Theil dieser Kreuzung als (fontainenartige) *Meynert*'sche Haubenkreuzung von der ventralen Haubenkreuzung.

Noch ist zu erwähnen, dass Schnitte vom cerebralen Ende der proximalen Vierhügel (s. unten), ein von der *Commissura posterior* abstammendes Bündel und ein Stück des *Pedunculus corporis mammillaris* zeigen.

§ 139.

Feinster Bau der *Medulla oblongata* und der Brücke.

Wie beim Rückenmarke, so kann auch bei der *Medulla oblongata* nur an Präparaten nach *Golgi*'s Methode und vor allem an solchen von Embryonen und jungen Geschöpfen der feinste Bau ermittelt werden und giebt das Folgende die Ergebnisse, zu denen ich nach dieser bis anhin bei dem genannten Hirntheile, ausser durch *Held*, noch kaum verwendeten Methode gelangt bin.

In erster Linie bemerke ich, dass eine Reihe von Thatsachen, die *Golgi*, *Ramon y Cajal* und *ich* selbst beim Rückenmarke auffanden und beobachteten, auch für das Hinterhirn Geltung haben und zwar folgende:

1. Alle motorischen Kopfnerven entspringen mit ihren Fasern, ebenso wie die motorischen Wurzeln der Rückenmarksnerven, von besonderen Zellen, die meist haufenweise beisammen liegen und sogenannte Kerne, besser Ursprungskerne darstellen. Und zwar sind es auch hier in der Einzahl vorhandene Nerven- oder Achsencylinderfortsätze, die diese Verbindung bewirken, während die übrigen Fortsätze oder die Dendriten *(His)* in gewohnter Weise sich fein verästeln.

2. Die sensiblen Fasern des X. IX. VII. und V. Nerven, sowie alle Elemente des VIII. Nerven entspringen nicht im Marke, vielmehr sind die

Ansammlungen grauer Substanz, die man bisher als Kerne dieser Nerven betrachtete, Endstationen derselben, die ich schon in einer früheren Arbeit mit *His* als Endkerne bezeichnete. Die wirklichen Ursprünge der Fasern dieser Nerven liegen, wie *His* zuerst nachwies, in den extracerebralen Ganglien derselben *(Ganglia jugularia, petrosum, geniculi, Nervi cochleæ et Nervi vestibuli, Gasseri).*

Zu diesen grösseren Ganglien kommen nun noch eine bedeutende Anzahl bisher noch gar nicht berücksichtigter mikroskopischer Ganglien an Gehirnnerven, wie vor allem am Trigeminus und Glossopharyngeus in der Zunge *(Remak, ich)*, welche meinen älteren und neueren Erfahrungen zu Folge wahrscheinlich nicht dem *Sympathicus* angehören, vielmehr als Ursprünge rein sensibler Fasern anzusehen sind.

3. In den sensiblen Endkernen endigen die Fasern der betreffenden Nerven mit feinen Verästelungen um die Zellen dieser Kerne herum, die mit denen der sensiblen Wurzelfasern im Marke übereinstimmen.

4. Gewisse sensible Nerven zeigen bei ihrem Eintreten in das verlängerte Mark Theilungen ihrer Wurzelfasern, wie solche an den sensiblen Wurzelfasern der Rückenmarksnerven sich finden und zwar vor allem der *Acusticus* und *Vago-Glossopharyngeus*, vielleicht auch der *Trigeminus*.

5. An allen sensiblen Wurzelfasern der Kopfnerven finden sich zahlreiche Nebenästchen, sogenannte Collateralen, wie sie auch an den dorsalen Rückenmarkswurzelfasern vorkommen, Elemente, die alle mit freien verästelten Enden ausgehen.

6. Die longitudinalen Elemente der Rückenmarksstränge zeigen in der *Medulla oblongata* ein doppeltes Verhalten, indem die einen hier ihr Ende erreichen, andere unverändert zu höheren Hirntheilen weiter ziehen. Zu den letzten Elementen gehören 1. die Pyramidenbahnen, die durch das ganze verlängerte Mark, die Brücke und die Hirnstiele zum grossen Hirn weiterziehen, 2. die Kleinhirnseitenstrangbahn, die in das *Cerebellum* eingeht, 3. wahrscheinlich gewisse Theile der Hinterstränge, die ebenfalls ins kleine Hirn eintreten, 4. vielleicht auch Theile der Vorderstranggrundbündel, die im *Fasciculus longitudinalis dorsalis*, dem hinteren Längsbündel der Autoren, verlaufen, und 5. die antero-laterale Bahn oder das Bündel von *Gowers* und die Seitenstrangreste, die in die longitudinalen Elemente der *Substantia reticularis grisea* sich fortsetzen.

Andere Rückenmarksstränge erreichen ihr Ende in der *Medulla oblongata*, wie die Mehrzahl der Fasern der *Fasciculi cuneati* und *graciles*, in welchem Falle dieselben in ähnlicher Weise sich verästeln und mit freien Ausläufern enden, wie die sensiblen Wurzelfasern und ihre Collateralen.

7. Zu allen Kernen der motorischen Hirnnerven treten Fasern der Pyramidenbahn, welche bei den willkürlichen Bewegungen die Einwirkungen des Gehirns auf dieselben vermitteln. Diese motorischen centrifugalen Leitungsbahnen 2. Ordnung enden in den motorischen Kernen mit freien Verästelungen.

8. In den motorischen Kernen enden ausserdem auch Fasern der sensiblen centripetalen Bahnen, welche wahrscheinlich von Collateralen der sensiblen Wurzelfasern der Kopfnerven selbst oder von solchen sensibler Leitungsbahnen zweiter Ordnung, wie den Schleifenfasern, und den Fortsetzungen der Vorder-

seitenstrangreste des Rückenmarks abstammen, Elemente, die bei den Reflexwirkungen sich betheiligen.

9. Von den Zellen der *Medulla oblongata*, mögen dieselben nun Endkerne sensibler Nerven sein oder anderweitige grössere Ansammlungen bilden, wie in der grossen Olive und ihren Nebenkernen, den Pyramidenkernen, den Kernen der Seitenstränge, den *Fasciculi graciles* und *cuneati*, den Brückenkernen, in der kleinen Olive, dem Trapezkerne, den Kernen des *Cerebellum*, oder mehr zerstreut vorkommen, wie in der *Substantia reticularis grisea*, entspringen allerorts Nervenfasern, die als Leitungsbahnen zweiter oder höherer Ordnung dienen. Solche Strangfasern sind die Schleifenfasern, die als centrale Bahnen der sensiblen Rückenmarksnerven anzusehen sind, ferner die denselben sich anschliessenden centralen Bahnen der Kopfnerven. Andere solche Bahnen zweiter oder höherer Ordnung, deren physiologische Bedeutung noch im Dunklen ist, sind die von den grossen Zellen der *Substantia reticularis grisea* und den grossen *Deiters*'schen Zellen entspringenden Nervenröhren, ferner die Oliven-Kleinhirnfasern, die von den Brückenkernen ausgehenden Bahnen u. s. w.

Alles zusammen genommen, würden somit alle Ansammlungen grauer Substanz auch in der *Medulla oblongata*, wie im Marke, zweierlei Nervenfasern enthalten und zwar a) zuführende (centrifugale oder centripetale, welche mit freien Verästelungen in denselben enden und b) ableitende (centripetale oder centrifugale) welche von den Zellen derselben entspringen.

10. Nicht nur die sensiblen Wurzelfasern, sondern auch viele Strangfasern der *Medulla oblongata* besitzen Collateralen, so vor allem die longitudinalen Fasern der *Substantia reticularis alba* und *grisea*, die Fasern des Trapezium, des *Fasciculus longitudinalis dorsalis*, die Schleifen- und Pyramidenfasern.

11. Die Nervenzellen der *Medulla oblongata* zeigen sich, soviel ich bis anhin ermitteln konnte, die meisten als dem I. Typus von *Golgi* angehörend, doch ist ihre Färbung im Ganzen so schwierig, dass ich nicht in der Lage bin, in dieser Beziehung eine ganz bestimmte Auskunft zu geben.

§ 140.

Feinerer Bau im Einzelnen. Ursprünge und Endigungen des 3.—12. Hirnnerven. Hypoglossus.

Dem im vorigen Paragraphen Ausgeführten zu Folge werden wir bei jedem motorischen Nerven zu schildern haben: 1. die graue Substanz, in welcher seine Fasern entspringen oder seinen Ursprungskern, 2. die centrifugal wirkenden Elemente, durch welche die Willenseinflüsse auf den motorischen Kern sich übertragen und 3. anderweitige Elemente, welche bei Reflexerscheinungen oder sonstwie auf den motorischen Nerven zu wirken im Stande sind.

Bei den sensiblen Nerven wird zu erforschen sein: 1. in welchen Bezirken grauer Substanz dieselben enden, 2. welche Fasern diese sensiblen Endkerne mit dem Sitze des Bewusstseins verbinden, 3. endlich in welchen Beziehungen die sensiblen Fasern zu den motorischen Kernen oder anderweitigen motorischen Bahnen stehen. Die Beantwortung dieser Fragen ist zum Theil eine sehr schwierige und sind wir in vielen Beziehungen erst am Anfange unserer Erkenntniss, wie die weiteren einzelnen Darstellungen zeigen werden.

I. Zungenfleischnerv, Hypoglossus (Fig. 461—464).

Der Hypoglossus besitzt einen gut begrenzten Hauptkern, der, solange als der Centralkanal noch geschlossen ist, an der ventralen Seite desselben, an die *Substantia reticularis* angrenzend, sich findet (Fig. 462), später bei geöffnetem Kanale am Boden der Rautengrube in der Gegend des sogenannten Hypoglossus-Dreiecks, medianwärts von der *Ala cinerea* seine Lage hat (Fig. 461). Die Länge dieses Kernes entspricht ungefähr derjenigen der grossen Olive und beträgt bis zu 18 mm *(Henle)*, während die grösste Dicke an dem in der Fig. 461 dargestellten Schnitte 1,57 mm und die Breite 2,28 mm betrug.

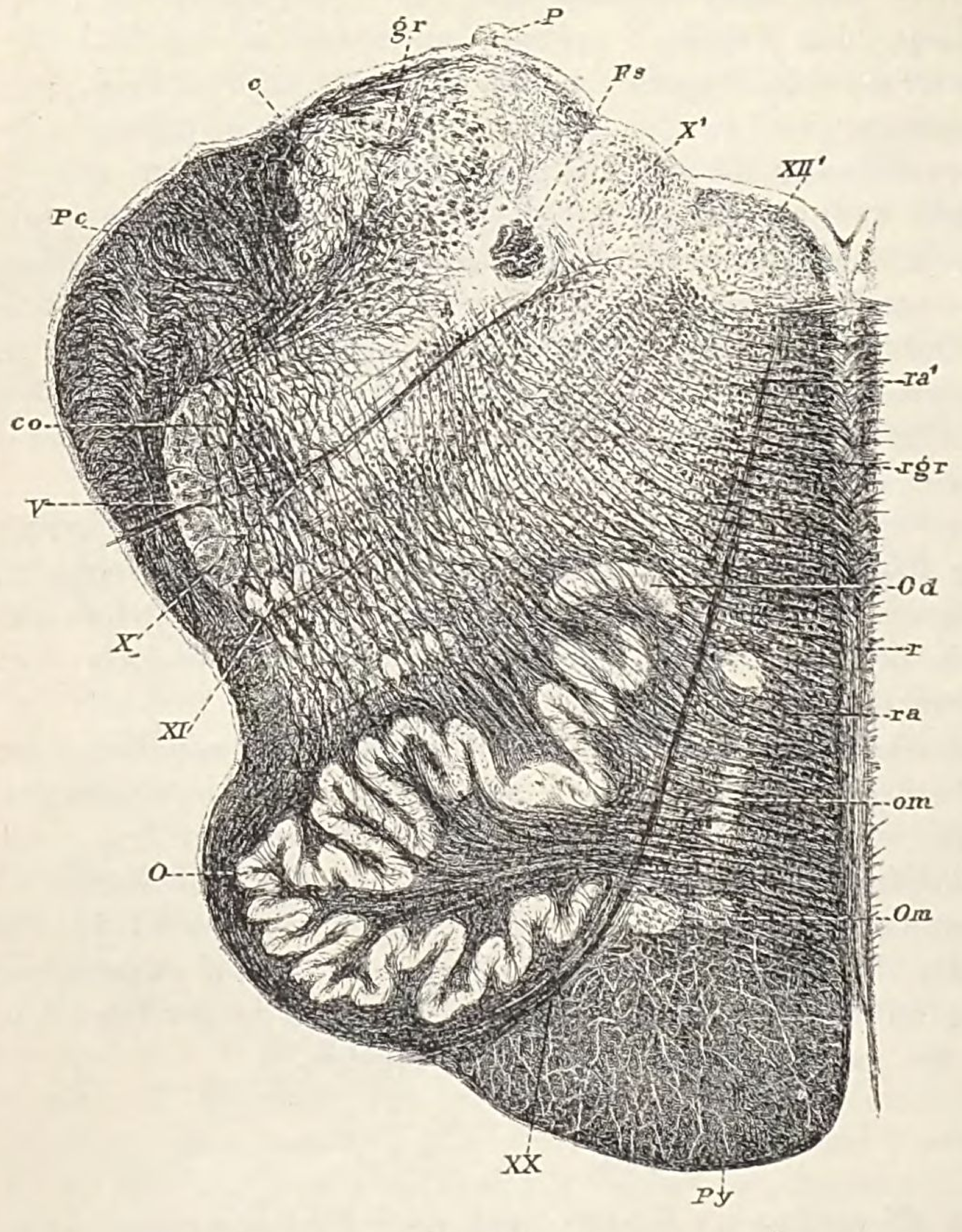


Fig. 461.

Der genannte Hypoglossuskern tritt an der spinalen Seite der Oliven in der Verlängerung des durch die sich kreuzenden Pyramidenfasern abgeschnittenen dorsalsten Theiles der motorischen grauen Hörner des Rückenmarks auf und kann als Fortsetzung eines

Fig. 461. Querschnitt der *Medulla oblongata* des Menschen in der Gegend des distalen Abschnittes des *Sinus rhomboidalis*. Nach einem *Weigert* von Prof. *O. Schultze*. Nr. 96. Vergrösserung 6 : 1. *Py* Pyramiden; *XX Radix hypoglossi*; *XII' Nucleus hypoglossi*; *O Oliva*; *Om Oliva medialis*; *Od Oliva dorsalis*; *ra Subst. reticularis alba, pars ventralis* (Schleifenschicht); *ra' Subst. reticularis alba, pars dorsalis* (Ventralstranggrundbündel oder *Fasciculus longitudinalis dorsalis*); *r* Raphe; *X Radix vagi*; *XI Radix accessorii*; *co* Kleinhirn-Olivenfasern; *X' Nucleus terminalis vagi*; *Fs Fasciculus solitarius* (absteigende Vago-Glossopharyngeuswurzel); *P* Ponticulus s. Ligula; *gr* Rest des *Fasciculus gracilis* mit der absteigenden Acusticuswurzel; *c* Rest des *Nucleus cuneati*; *Pc Pedunculus cerebelli*; *rgr Substantia reticularis grisea* mit den *Fibrae arcuatae internae*; *V* sensible Quintuswurzel. Zwischen ihr und den Oliven mehrere Nester grauer Substanz, der *Nucleus lateralis*.

Theiles derselben angesehen werden. Anfangs klein und nicht scharf begrenzt, zeichnet er sich sehr früh durch eine bei durchfallendem Lichte dunkle Färbung aus, so dass er schon mit unbewaffnetem Auge an erhärteten Stücken in der sonst hellen *Substantia grisea centralis* deutlich hervortritt. An ihrer ventralen Seite grenzen beide Kerne dicht an einander, während sie mit ihrem dorsalen Ende zugespitzt neben dem Centralkanale ihre Lage haben (Fig. 462), von welcher Zuspitzung auch noch später Andeutungen sich finden. Am Boden der Rautengrube angelangt, treten beide Kerne auseinander und begrenzen sich dorsalwärts durch eine dunkle Bogenlinie (Fig. 461), an welche unmittelbar das Ependym anstösst. So erhalten sich dieselben längere Zeit, bis sie in der Gegend der *Striæ acusticæ* je länger je ärmer an Zellen werden und endlich schwinden, wobei jedoch die oben erwähnte dunkle Begrenzungslinie sich erhält und mit einer ähnlichen schon früher

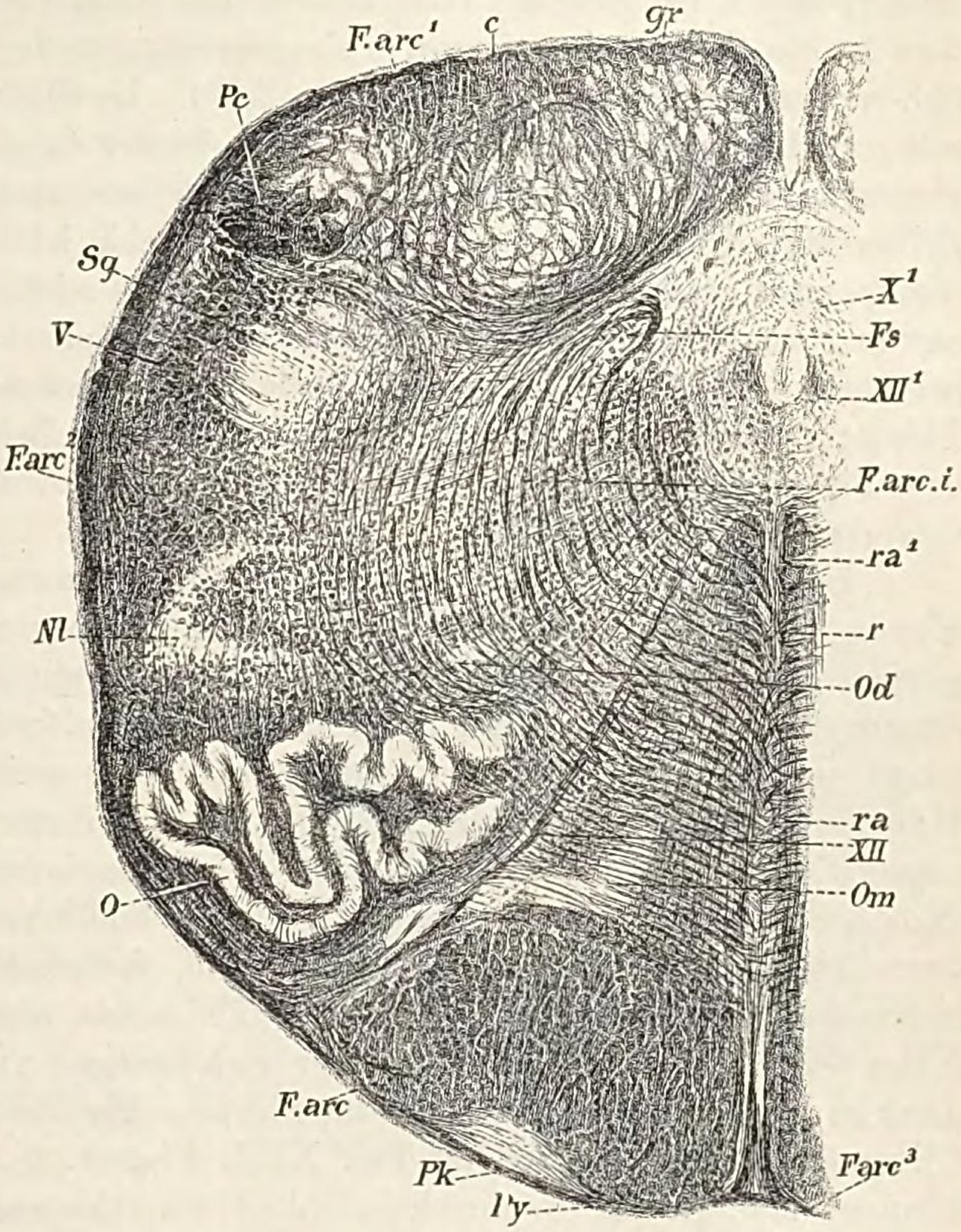


Fig. 462.

Fig. 462. Querschnitt durch die *Medulla oblongata* des Menschen mit noch geschlossenem Centralkanale. Nach einem *Weigert* von Prof. *O. Schultze* Nr. 33, Vergrösserung 6 : 1. *Py* Pyramiden; *F.arc Fibrae arc. superf. ventrales*; *F.arc*¹ *Fibrae arc. superf. dorsales*; *F.arc*² *Fibrae arc. superf. laterales* (Kleinhirnseitenstrangbahn); *F.arc*³ *Fibrae arc. superf. ventrales* zur Raphe ziehend; *F.arc.i Fibrae arc. internae* oder Schleifenfasern, von einer Vaguswurzel gekreuzt; *r* Raphe; *ra S. reticularis alba ventralis* (Schleifen- oder Olivenzwischenschicht); *ra' S. reticularis alba dorsalis* (*Fasc. longitudinalis dorsalis*); *O* Oliva; *Om Oliva medialis*; *Od Oliva dorsalis*; *XII* Hypoglossus; *XII'* Hypoglossuskern; *X'* Vaguskern; *Fs Fasciculus solitarius* (absteigende Vago-Glossopharyngeuswurzel) von starken Schleifenfasern umgeben; *Nl Nucleus lateralis*; *V* spinale Quintuswurzel; *Sg Substantia gelatinosa*; *Pc Pedunculus cerebelli* in Bildung; *c Fasciculus cuneatus* mit mehrfachen Kernen; *gr Fasciculus gracilis* mit seinem Kerne; *Pk* Pyramidenkern oder *Nucleus arcuatus*.

an der dorsalen Seite des *Fasciculus gracilis* und *cuneatus* vorkommenden zusammenhängt.

Eine zweite nach *Roller* sehr wichtige Ursprungsstelle des *Hypoglossus* soll an der ventralen Seite des Hauptkernes im Bereiche der *Substantia reticularis* ihre Lage haben. Hier finden sich theils kleine Zellenhäufchen, da und dort in die *Substantia reticularis* eingesprengt, theils ein besser begrenzter rundlicher, etwas grösserer, aus kleinen Zellen bestehender Kern (*Roller's* kleinzelliger Hypoglossuskern), der besonders in der Gegend der proximalen Hypoglossuswurzelfasern seine Lage hat. *Koch* bestreitet, dass von diesen kleinen Zellen Hypoglossusfasern entspringen und auch ich vermochte nicht von dem Vorkommen solcher mich zu überzeugen. Für mich war besonders die Untersuchung von Embryonen an *Weigert'schen* Präparaten (Fig. 466) massgebend, bei denen im 6.—8. Monate nur die Hypoglossuswurzeln und einige wenige *Fibrae arcuatae* dunkelrandig sind, und sich mit Leichtigkeit nachweisen lässt, dass die grosse Mehrzahl der Hypoglossuswurzeln von dem grosszelligen Kerne entspringt.

In der Gegend des echten Hypoglossuskernes und des *Roller'schen* Kernes finden sich noch mehrfache Ansammlungen von Nervenzellen, von denen gewisse Beziehungen zum *Hypoglossus* haben könnten, andere derselben sicher ermangeln. Zu den ersteren gehören grössere multipolare Nervenzellen, die zerstreut in der *Substantia reticularis alba* und *grisea* zu beiden Seiten der Hypoglossuswurzeln in wechselnder Menge sich finden, welche von *Duval* als *noyaux antéro-laterals ou accéssoires* des *Hypoglossus* bezeichnet und auch von *Koch* als solche anerkannt werden. Wie die bildlichen Darstellungen dieser Autoren lehren (s. *Duval* Taf. XIV, Fig. 1, 3, *Koch* Fig. 1), verstehen dieselben unter diesen accessorischen Kernen z. Th. nichts als grosse Zellen, die in der Nähe der Hypoglossuswurzeln in der *Substantia reticularis* liegen, z. Th. wie *Duval* auch Zellen, die weit lateralwärts bis in die Gegend des dorsalen Olivennebenkernes reichen (s. Taf. XIII, Fig. 2, 8). Die ersteren Elemente können mit grosser Wahrscheinlichkeit als Ursprungsstellen einiger weniger Hypoglossusfasern angesehen werden, verdienen aber nicht den Namen besonderer Kerne, dagegen haben die lateralwärts gelegenen sicher keinerlei Beziehungen zu dem genannten Nerven.

Zu den Zellen und Kernen, die mit dem *Hypoglossus* nichts zu thun haben, zähle ich ferner: 1. kleinere und grössere, meist gestreckte längliche Zellen, die im dorsalsten Theile der *Raphe* und selbst zwischen den beiden grossen Hypoglossuskernen vorkommen; 2. kleinere Nervenzellen, die zwischen beiden Hauptkernen liegen und in gewissen Fällen zwei gut begrenzte rundliche oder ovale Massen darstellen; 3. den sogenannten *Nucleus funiculi teretis*, einen länglich-runden kleinzelligen Kern, der in der Gegend des sogenannten *Fasciculus teres* an der dorsalen medialen Seite des Hypoglossus-Hauptkernes oder dicht am *Fasciculus longitudinalis dorsalis* seine Lage hat (s. *Clarke* Phil. Trans. 1868 Pl. XI Fig. 38—40 K'. T.).

Die Hypoglossuswurzeln ziehen von ihrer Austrittsstelle an der medialen Seite der Oliven S-förmig gebogen, meist zwischen der Olive und dem medialen Olivennebenkerne in radiärem Verlaufe gegen ihren Kern in der Art, dass die Wurzelbündel im Längsschnitte betrachtet in ihrer Gesammtheit leicht pinsel-

förmig sich verbreitern und an ihrem cerebralen und spinalen Ende, eine Strecke weit, schief und selbst longitudinal dahinziehen. Nicht selten durchsetzen diese Wurzeln auch den medialen Theil des ventralen Olivenblattes, hie und da auch den genannten Nebenkern und in seltenen Fällen dringen Bündel derselben auch von der Seite tief in das Mark der Olive hinein und treten in querem Verlaufe aus dem Hilus derselben heraus.

Im Kerne oder in der Nähe desselben angelangt, treten die Elemente der einzelnen Bündel pinselförmig auseinander und durchziehen ihre Fasern in unregelmässigem Verlaufe mit vielen Krümmungen denselben, um endlich mit den nervösen Fortsätzen der Zellen sich zu verbinden, wie an nach *Golgi* gefärbten Präparaten leicht nachzuweisen ist. Die Zellen des Kernes sind multipolar mit reich verzweigten Dendriten und messen 40—60—70 μ (*ich*), doch kommen neben diesen, besonders an der dorsalen Seite des Kernes, auch einzelne kleinere Elemente von 25—30 μ vor. In dem sog. *Roller*'schen Kerne messen nach *Roller* die Zellen höchstens 15 μ. Ich finde hier untermengt mit kleinen Elementen auch solche von 20 bis 30 μ und ausserdem einzelne grosse Zellen, wie im genuinen Hypoglossuskerne, welche letzteren Elemente schon oben bei den sogen. accessorischen Kernen erwähnt wurden.

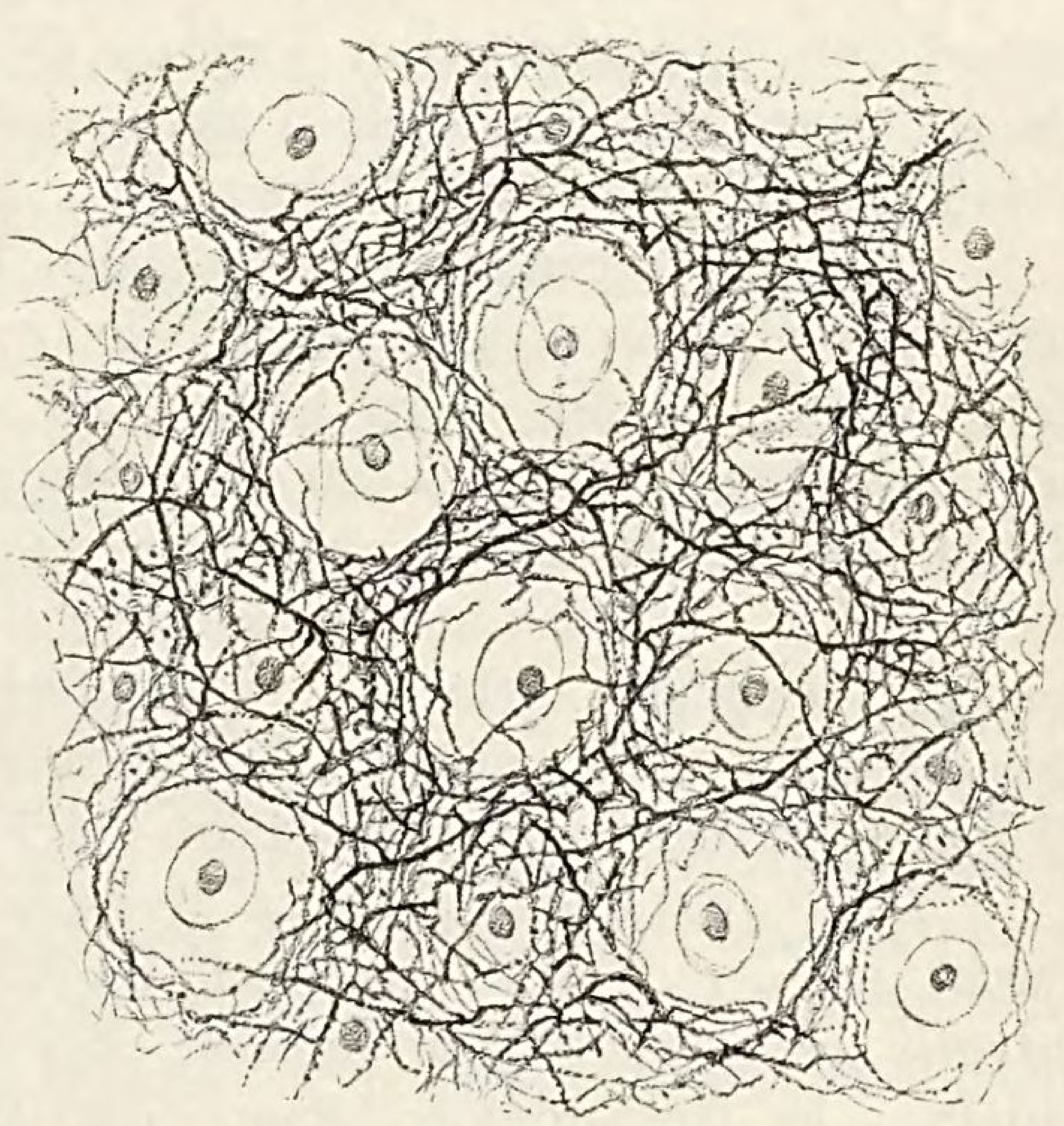


Fig. 463.

Zwischen den Zellen und Wurzelfasern des Hypoglossuskernes finden sich, wie wir zuerst von *Koch* erfahren haben, eine ungemeine Zahl der feinsten markhaltigen Nervenfasern, die besonders am dorsalen Umkreise des Kernes eine mehr minder dichte Zone bilden, die wesentlich aus Querschnitten und kurzen Bruchstücken von quer und den Kern bogenförmig umsäumenden Fäserchen besteht. Was diese von *Koch* als *Fibræ propriæ* bezeichneten Fäserchen bedeuten (Fig. 461), die an *Weigert*'schen Präparaten dem Hypoglossuskerne ein dunkleres Ansehen verleihen als allen anderen Kernen und besonders an seinem dorsalen Rande einen dunklen Begrenzungssaum erzeugen, den *Obersteiner* in seiner Fig. 115 als besonderes Marklager bezeichnet, ist nur an *Golgi*'schen Präparaten von Neugeborenen und Embryonen zu erkennen. Diese lehren, dass von der ventralen und lateralen Seite her eine grosse Menge feinerer und gröberer Achsencylinder in den Hypoglossuskern eintreten, in demselben sich aufs reichste verästeln und schliesslich wie überall die Nervenzellen umspinnend, mit freien Endbüscheln ausgehen (Fig. 463). Doch sind diese Verästelungen dichter als sonstwo, einzig und allein die kleine (obere) Olive ausgenommen.

Fig. 463. Aus dem Hypoglossuskerne eines neugebornen Hundes. *Golgi*, st. Vergr.

Die Herkunft und Bedeutung dieser zweiten Art von Nervenfasern im Hypoglossuskerne anlangend, so wird schon von verschiedenen Autoren angenommen (*Duval*, *Edinger*, *Obersteiner* u. A.), dass dieselben durch die *Raphe* von den Pyramiden kommen und die Einflüsse des Grosshirns auf den *Hypoglossus* übertragen, doch fehlen über solche Fasern bis anhin alle und jede bestimmten Angaben. Meine Erfahrungen lehren in dieser Beziehung Folgendes:

Es giebt zweierlei zuführende Fasern im Hypoglossuskerne, ebenso wie in jedem anderen motorischen Kerne und zwar erstens motorische Pyramidenfasern und zweitens sensible. Die Pyramidenfasern lassen sich nicht in ununterbrochenem Verlaufe bis zu den Hypoglossuskernen verfolgen, immerhin sprechen, abgesehen von den pathologischen Erfahrungen, folgende Thatsachen für das Vorkommen derselben. Erstens enthalten die Pyramiden, wie ich schon in der 5. Auflage nachwies (S. 287), eine bedeutende Menge von horizontalen Fasern, die vorzugsweise medianwärts gegen die *Raphe* ziehen und in derselben mehr weniger weit im *Diameter antero-posterior* verlaufen, und dann sich kreuzen.

Zweitens biegen von den dorsalen Fasern der *Raphe*, die den Hypoglossuskern ventralwärts umsäumen, wie schon *Koch* sah (s. Fig. 4), eine gewisse Anzahl in den Kern hinein, um in demselben in feine Verästelungen sich aufzulösen. Nichts steht der Annahme im Wege, dass diese Fasern in der *Raphe* eine Strecke weit ventralwärts verlaufen, dann auf die andere Seite übertreten und in der *Substantia reticularis alba* (der Olivenzwischenschicht) in dorsaventraler Richtung verlaufend schliesslich die Pyramiden erreichen. Denn in dieser Gegend sind ausnahmslos stärkere oder schwächere Züge in radiärer Richtung die Olivenzwischenschicht durchsetzender Fasern zu finden.

Drittens finde ich beim Menschen an *Weigert'*schen Präparaten, dass sowohl aus der *Raphe*, als auch direkt aus dem *Fasciculus longitudinalis dorsalis* an vielen Stellen stärkere oder schwächere Bündel feinster Fasern unmittelbar in den dunklen Saum der Hypoglossuskerne hineinziehen. Diese Fasern sind noch leichter als die sub 2 erwähnten auf die Pyramidenfasern zu beziehen, da bestimmt nachzuweisen ist, dass die ganze ventrale Hälfte der *Raphe* und mehr sehr viele im *Diameter antero-posterior* verlaufende von den Pyramiden abstammende Fasern enthält. Diese Fasern brauchten somit nach ihrer Kreuzung in der *Raphe* nicht auf längere Strecken in der Olivenzwischenschicht zu verlaufen.

Viertens erwähne ich eine grosse Zahl von radiär in den Hypoglossuskern eintretenden Fasern, die einem kleineren Theile nach die Hypoglossuswurzeln begleiten, grösstentheils aber aus der *Substantia reticularis grisea* zwischen den Hypoglossuswurzeln einerseits und den Wurzeln des X. und IX. Nerven anderseits stammen und in die seitlichen Theile des Kernes eintreten. Ein Theil dieser Elemente, die auch an Flächenschnitten schön zu erkennen sind, sind sensible zuleitende Fasern der genannten Hirnnerven (s. unten bei diesen), ein anderer erheblicher Abschnitt derselben hat jedoch offenbar eine andere Bedeutung. Es sind dies bis jetzt noch kaum gewürdigte Elemente, die meines Wissens in der 5. Aufl. (S. 287 sub 3. a)) zuerst von mir, später auch von *Meynert* (*Stricker* Bd. II, S. 792) und *Koch* (S. 61)

erwähnt wurden und die ich auch jetzt an *Weigert*'schen Präparaten von Erwachsenen und an versilberten embryonalen Organen sehr deutlich erkenne (s. St. 215). Aus der Gegend des dorsalen Olivenblattes ziehen durch die gesammte *Substantia reticularis grisea* eine Menge feiner Fasern und Faserbündel radiär gegen den Hypoglossuskern, um in demselben sich fein zu verästeln. Ob diese Fasern aus der Olive oder aus der Pyramide stammen, vermag ich für einmal nicht zu entscheiden. Im letzteren Falle wären dieselben von der entgegengesetzten Pyramide abzuleiten, würden durch die *Raphe* auf die andere Seite treten, als ventralste innere Bogenfasern die Oliven durchsetzen und dann radiär mit den anderen Bogenfasern sich kreuzend gegen den Boden der Rautengrube ziehen. Weitere Möglichkeiten wären die, dass diese radiären Fasern Collateralen der inneren Bogenfasern sind, oder dass sie Umbeugungen longitudinaler Fasern der *Substantia reticularis* ihren Ursprung verdanken (s. *Edinger* 1. Aufl. S. 119).

Weiter erwähne ich noch Verbindungen der beiden Hypoglossuskerne, sogenannte Kommissurenfasern, die beim Menschen in den Gegenden, in denen die beiden Kerne aneinandergrenzen, leicht zu erkennen sind und z. Th. als eine wirkliche Vereinigung der feinfaserigen oberflächlichen Lage der Kerne sich darstellen, die nicht als Kommissur bezeichnet werden kann, z. Th. durch eine geringere Zahl der feinsten Fäserchen zu Stande kommen, die für diesen Kern so bezeichnend sind. Die Bedeutung solcher Verbindungsfäserchen kann nur die sein, dass dieselben, ob sensibler, ob motorischer Natur, gemeinsame Thätigkeit von Theilen beider Kerne bewirken.

Kreuzungen der Hypoglossuswurzeln, die ich vor Jahren mit einigen Andern nach sehr mangelhaften Methoden gefunden zu haben glaubte, finden sich nicht. Ich hatte damals durch scheinbare Verbindungen der Wurzelfasern mit den dorsalsten Bogenfasern der *Raphe* mich täuschen lassen. Jetzt geben *Weigert*'sche Präparate vom verlängerten Marke von Embryonen, in denen im Hypoglossuskern nur die Wurzeln und einzelne Bogenfasern gefärbt sind, unzweideutige Ergebnisse.

§ 141.

II. Accessorius Willisii, Vagus, Glossopharyngeus.

A. Accessorius. (Fig. 464, 465.)

Der XI. Nerv kann mit Bezug auf seinen Ursprung in zwei Abtheilungen geschieden werden, eine spinale und eine cerebrale (*Accessorius spinalis* und *Accessorius vagi, Schwalbe*). Der *Accessorius spinalis* entspringt, wie *Clarke* (Phil. Trans. 1858, Fig. 11, 19) und *ich* (5. Aufl. Fig. 197) vor langer Zeit schon gezeigt haben und wie dann besonders von *Roller* durch sorgfältige Untersuchungen weiter ausgeführt wurde, aus dem motorischen Horne von einem besonderen rundlichen Zellenkerne, der an der lateralen dorsalen Seite des Zellenhaufens seine Lage hat, von welchem die ventralen Wurzeln der ersten fünf Cervikalnerven entspringen. Die Elemente beider dieser Kerne stimmen vollkommen miteinander überein und ebenso

sind auch die Fasern dieser Theile des *Accessorius* durch ihren vorwiegend bedeutenden Durchmesser denen der ventralen Wurzeln gleich.

Was den Verlauf der einzelnen Wurzeln des *Accessorius spinalis* anlangt, so ist derselbe nicht bei allen gleich. Die distalen Wurzeln liegen mehr dorsalwärts im Seitenstrange, ja selbst im lateralen Theile der *Substantia gelatinosa* (Fig. 464), während die proximalen Wurzeln quer durch den Seitenstrang treten (Fig. 465). In beiden Fällen können die Wurzeln aus einem, zwei, seltener drei, ja selbst vier Bündelchen bestehen. Sind zwei vorhanden, so ist das ventrale Bündel zarter, das dorsale dicker. Beide dringen einander parallel, gerade oder gebogen, selbst S-förmig gekrümmt an der ventralen Seite der *Substantia gelatinosa* durch den Seitenstrang medianwärts, wobei sie entweder ganz horizontal oder leicht schief cerebralwärts verlaufen. In der Höhe des *Fasciculus cuneatus* angelangt, biegen sich die ventralen Bündel unter rechtem Winkel um und wenden sich gegen den oben geschilderten Kern, so jedoch, dass dieselben immer noch schief hirnwärts steigen und niemals an Einem Querschnitte in ihrem gesammten Verlaufe von der Umbiegungsstelle bis zum Kerne sichtbar sind. Anders verhalten sich die gröberen dorsalen Wurzelbündel. Da wo die anderen Bündel ihre horizontale Umbiegung erleiden, biegen dieselben hirnwärts in die Längsrichtung um, erscheinen an vielen Querschnitten einfach quer durch-

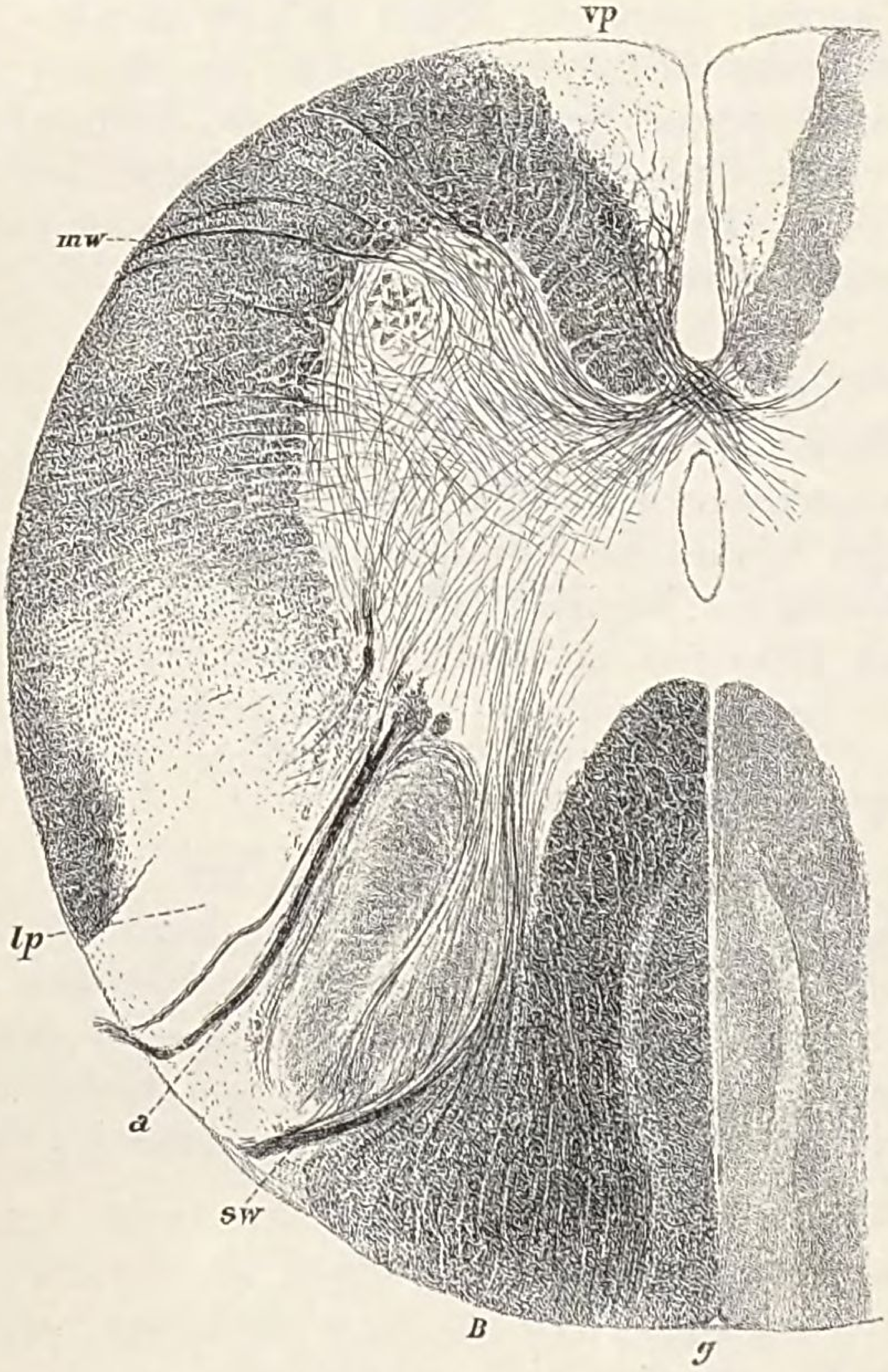


Fig. 464.

Fig. 464. Querschnitt des Halsmarkes eines Embryo von 7 Monaten. *Weigert*, Ser. III Nr. 23, Breite 4,78 mm, *Diam.-dorso-ventralis* 4,44 mm. *g Goll*'sche Stränge; *B Burdach*'sche Stränge; *sw* sensible Wurzel; *a* Accessorius; *lp* Pyramidenseitenstrangbahn; *mw* motorische Wurzeln; *vp* Pyramidenvorderstrangbahn. Im Ventralhorne zwei Kerne, ein lateraler, dem Accessorius angehörend, ein medialer für die motorischen Cervicalnervenwurzeln; *lp* und *vp* sind noch marklos.

schnitten und gehen endlich unter einer nochmaligen Umbiegung in das letzte, im *Diameter dorso-ventralis* gelegene Endstück über, das wie bei den andern Fasern leicht schief aufsteigend zum Kerne zieht. Bevor die Wurzelbündel im Kerne anlangen, zerfasern sie sich und enden dann wie pinselförmig.

In dieser Weise lässt sich der *Accessorius spinalis* leicht noch in der Gegend der Pyramidenkreuzung und in dem unteren Theile der Schleifenkreuzung nachweisen (Fig. 465), bis zu der Stelle, wo die ersten Spuren der Olive auftreten. *Darkschewitsch* glaubt denselben noch bis in die Höhe

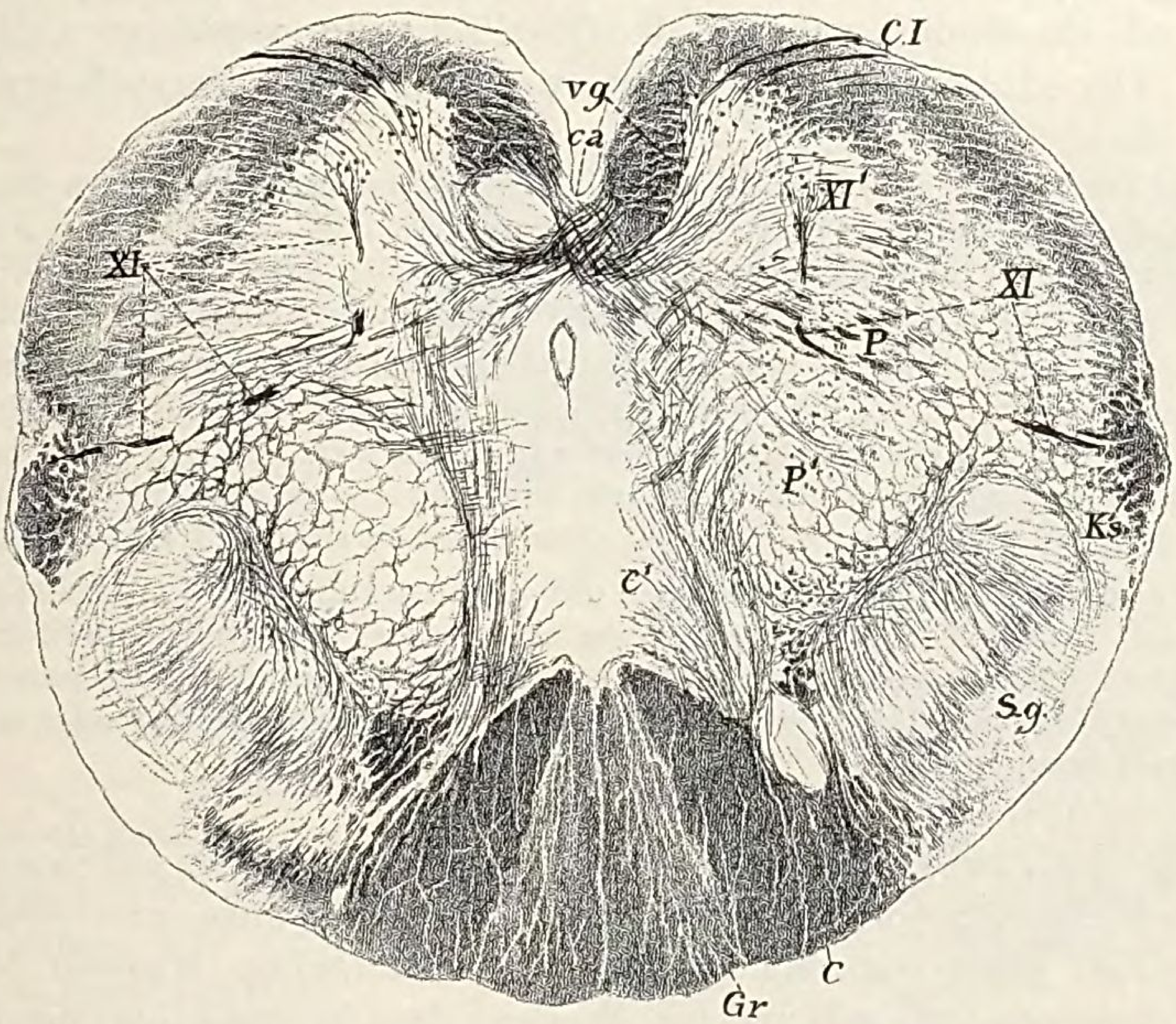


Fig. 465.

des unteren Drittheiles der Olive verfolgt zu haben und lässt den Kern desselben allmählich bis dicht an die *Substantia grisea centralis* treten (*His* und *Braune*'s Arch. 1885 Taf. XV, Fig. 4), wogegen *Roller* für eine Endigung in der Grenzgegend beider Kreuzungen sich ausspricht. Ich habe den *Accessorius spinalis* mit Sicherheit nur bis zu der angegebenen Stelle gesehen und vermisste ihn da, wo der Hypoglossus auftritt.

Der *Accessorius vagi* ist grob anatomisch an der Aussenseite der *Medulla oblongata* sehr leicht zu erkennen, nur schwer und nicht immer sicher

Fig. 465. Unterster Theil der *Medulla oblongata* eines achtmonatl. menschl. Embryo (Nr. 7) nach *Pal*, 14mal vergrössert. *XI* Accessorius; *XI'* Accessoriuskern; *CI* Cervicalis I; *Gr Fasciculus gracilis* mit Kern; *C Fasciculus cuneatus*; *C'* markhaltige vom Cuneatus in das Ventralhorn ausstrahlende Collateralen; *Sg Subst. gelatinosa*; *Ca Comm. alba*; *P* Pyramidenbündel marklos; *P'* Bündel der Pyramidenseitenstrangbahn quer und schief getroffen, noch marklos, mit zahlreichen markhaltigen longitudinalen und horizontalen Fasern; *VG* Ventralstranggrundbündel; *Ks* Kleinhirnseitenstrangbahn.

an Querschnitten, ausser wenn man den Nerven bis zu seinem Kerne zu verfolgen im Stande ist. Im Allgemeinen kann man sagen, dass alle Nervenbündel, die an der ventralen Seite der aufsteigenden Quintuswurzel austreten, mit Wahrscheinlichkeit auf diesen Theil des *Accessorius* bezogen werden dürfen, alle Bündel dagegen, die durch diese Wurzel oder an der dorsalen Seite derselben einziehen, dem *Vagus* oder *Glossopharyngeus* angehören. Der Kern des *Accessorius vagi*, aus dem die Wurzeln direkt nach aussen abgehen, ist theils der genuine motorische Kern des *Vagoglossopharyngeus*, der *Nucleus ambiguus*, theils ein in der lateralen Verlängerung desselben befindlicher nicht unbedeutender Kern, der unter Umständen aus mehreren Abschnitten besteht und oft ziemlich nahe an die Oberfläche des verlängerten Markes heranreicht. Der *Accessorius vagi* führt vorwiegend feine Nervenfasern.

Darkschewitsch lässt einen Theil des *Accessorius spinalis* aus dem *Burdach*schen Strange oder aus seinem Kerne hervorgehen (S. 368, 377 Fig. 3). Auch ich sah Bilder, die in diesem Sinne gedeutet werden konnten, doch habe ich mich überzeugt, dass es sich in diesen Fällen um weit dorsalwärts verlaufende Accessoriuswurzeln handelte. Derselbe Autor erwähnt nur caudalwärts verlaufende longitudinale Abschnitte der Accessoriuswurzeln, die ich nicht bezweifeln will, obschon ich sicher bin, dass in meinen Fällen der entgegengesetzte Verlauf vorhanden war. *Roller*, der das Umbiegen von Accessoriuswurzeln in die longitudinale Richtung zuerst erwähnt, spricht sich über den Verlauf nicht näher aus, meint aber offenbar cerebralwärts ziehende Elemente.

Nach *Roller* sollen auch Fasern des Seitenstranges in die Accessoriuswurzeln übergehen (l. c. S. 484 Fig. 4). Ich glaube ein solches Verhalten bezweifeln zu dürfen und sind, was *Roller* gesehen hat, offenbar nichts als die überall im gesammten Umkreise der grauen Substanz aus den Strängen in dieselbe eintretenden Collateralen (siehe beim Rückenmarke).

Was den feineren Bau des Kernes des *Accessorius spinalis* betrifft, so beweisen *Golgi*'sche Präparate von Embryonen und Neugeborenen, dass derselbe ganz mit den Kernen der motorischen Wurzeln der *Nervi spinales* übereinstimmt, mit anderen Worten, dass in demselben die Zellen von feinsten verästelten Fäserchen umsponnen werden, welche auf Collateralen und direkte Umbiegungen der Elemente der Ventralstränge und Seitenstränge, vor allem der Pyramidenbahnen, zurückzuführen sind. Ebenso gehen auch direkte und indirekte Ausläufer der sensiblen Wurzelfasern in den Kern ein.

Der *Accessorius vagi* ist nach Allem, was wir wissen, ebenfalls ein motorischer Nerv, der die Kehlkopfsmuskulatur innervirt und in seinen Endigungen im *Nucleus ambiguus* und seinen sonstigen Beziehungen sich ebenso verhält, wie der motorische Theil des IX. und X. Nerven.

B. Vagus und Glossopharyngeus (Fig. 461—469).

Wir fassen diese beiden Nerven zusammen, weil ihre Wurzeln im Innern der *Medulla oblongata* in der Gegend, in denen die Nerven aneinandergrenzen, in keiner Weise unterschieden werden können und auch z. Th. beiden Nerven gemeinschaftlich sind.

Beide diese Nerven, deren gemischte Natur feststeht, haben unmittelbare Beziehungen zu mindestens drei Theilen des verlängerten Markes und ausser-

dem noch mittelbare zu anderen Hirnnerven und zu gewissen Hirnabschnitten, vor allem zum Cerebrum.

Die ersteren Verhältnisse anlangend, so ergeben sich einmal Verbindungen dieser Nerven mit einem bisher sogenannten Ursprungskerne sensibler Wurzelfasern, zweitens solche mit einem motorischen Kerne und drittens endlich ein Zusammenhang mit einem eigenthümlichen Längsbündel, dem *Fasciculus solitarius.*

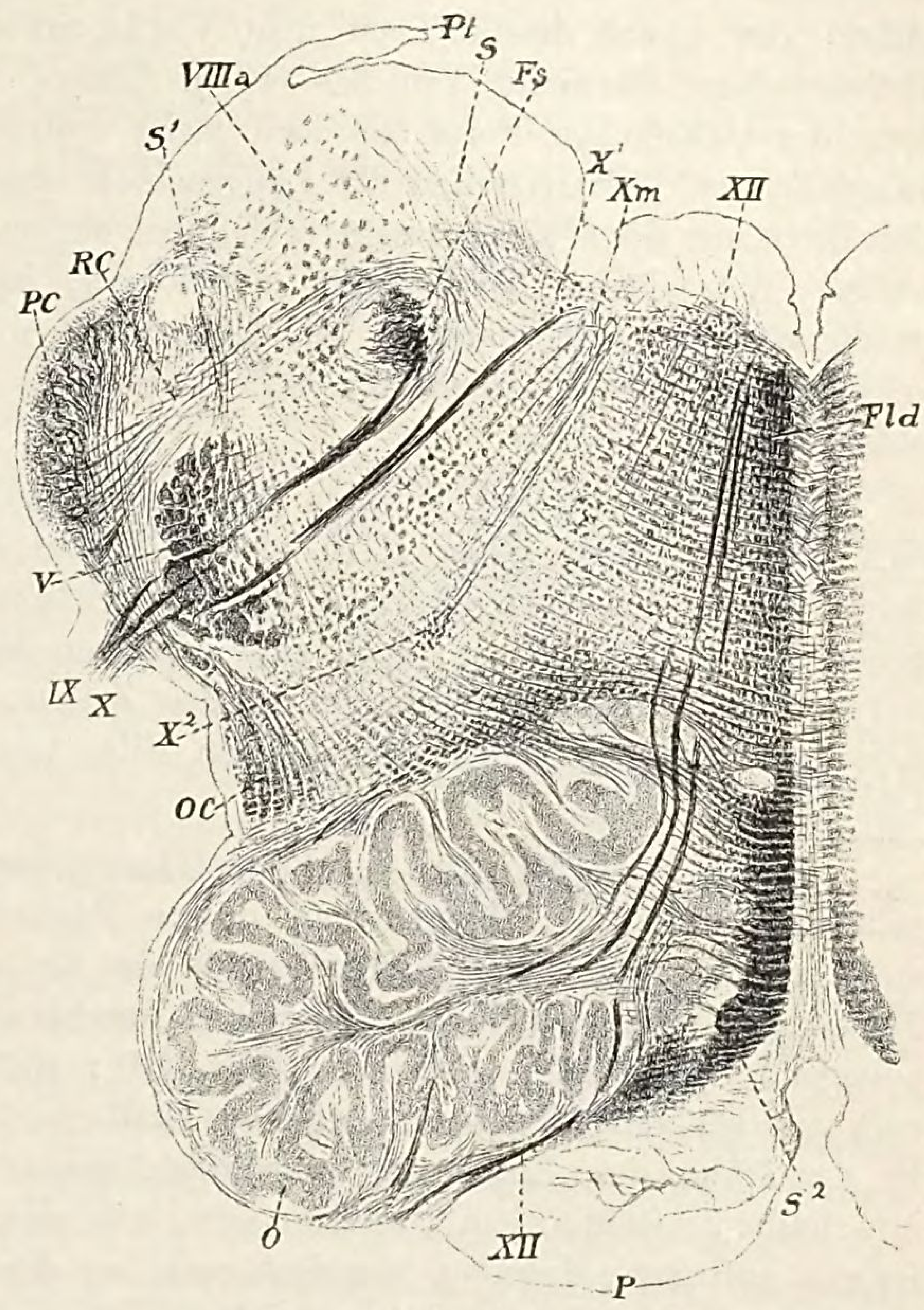


Fig. 466.

Der sogenannte sensible Kern des *Vago-Glossopharyngeus* ist, wie wir jetzt wissen, keine Ursprungsstätte von Fasern dieser Nerven, sondern ein Endkern, in welchem dieselben frei enden, während von den Zellen desselben andere Fasern entspringen, die Verbindungen mit anderen Hirntheilen eingehen. Von diesen wird später die Rede sein und betrachten wir vorerst den Endkern. Derselbe liegt bei geschlossenem Centralkanale an der dorso-lateralen Seite des Hypoglossuskernes, mit dem er nahezu in derselben Höhe auftritt und unterscheidet sich von diesem durch sein helleres Aussehen und seine geringere Grösse (Figur 462 X^1). Mit der Eröffnung des Centralkanales rücken beide genannten Kerne an den Boden der Rautengrube und nimmt dann der Vago-Glassopharyngeusendkern eine ganz oberflächliche Stellung an der lateralen Seite des Hypoglossuskernes ein (Fig. 461 und Fig. 466, X^1), deren Ausdehnung die *Ala cinerea* entspricht.

Fig. 466. *Medulla oblongata* eines menschlichen Embryo von 8 Monaten. 10 : 1. (Präp. 115, 116.) *P* Pyramide marklos mit einigen dunkelrandigen Fasern; *O* Olive mit Nebenoliven; *OC* Oliven-Cerebellarfasern; *PC Pedunculus Cerebelli*; *Pt* Ponticulus; *IX*, *X* Vago-Glossopharyngeuswurzeln; X^1 Vago-Glossopharyngeuskern, sensibler; *Fs Fasciculus solitarius* mit abtretender Wurzel; *Xm* Motorische Vago-Glossoph.-Wurzel mit Umbiegung; X^2 Motorischer Vago-Glossoph.-Kern (*Nucleus ambiguus*); *V* sensible V-Wurzel; *VIIIa* Absteigende VIII-Wurzel; *F.l.d Fasciculus longitudinalis dorsalis*; *S* mediale, S^1 laterale Schleifenfasern; S^2 Schleifenschicht als Olivenzwischenschicht; *RC* Hinterstrang-Kleinhirnbahn; *XII* Hypoglossuskern und Wurzel.

In dieser Lage bleiben die Theile längere Zeit, nur tritt mit dem Kleinerwerden des Hypoglossuskernes allmählich der dorsale Acusticuskern an die Stelle des Vago-Glossopharyngeusendkernes und zieht sich der letztere mehr in die Tiefe zurück, um dann ungefähr in derselben Querschnittsebene, wie der Hypoglossuskern, ebenfalls zu verschwinden.

Der Vago-Glossopharyngeusendkern, dessen bei Weitem grösserer und vor Allem der ganze distale Theil dem Vagus zukommt, ist durch die geringere Grösse seiner Elemente von 30—40 μ Länge, 12—20 μ Breite und deren trotz der mehrfachen Fortsätze doch meist spindel- oder keulenförmige Gestalt ausgezeichnet. Auch stehen die Längsachsen dieser Zellen fast ausnahmslos in der Richtung der Vaguswurzeln schief, bei einigen allerdings auch mehr senkrecht. Was diesen Kern ferner auszeichnet, ist die geringe Menge dunkelrandiger Fasern, die derselbe an *Weigert*'schen Präparaten zeigt und unterscheidet sich derselbe hierdurch sehr wesentlich von dem benachbarten Hypoglossuskerne.

Bezüglich auf den feinsten Bau, wie derselbe an *Golgi*'schen Präparaten sich darstellt, zeigt dieser Kern ebenfalls Eigenthümlichkeiten. Die Nervenfasern, die in denselben eintreten, verästeln sich zwar, wie an andern Orten, und gehen in Endbüschel aus; doch sind dieselben im Ganzen wenig zahlreich und zeigen keine solchen Beziehungen zu den Zellen, wie im Hypoglossuskerne, so dass von einem die Zellen umgebenden Filze von Endigungen hier keine Rede sein kann.

Die Wurzelbündel des *Vago-Glossopharyngeus*, die zu dem Endkerne gelangen, stellen im Allgemeinen dünne Bündel dar, welche zu einem oder mehreren in einer Querschnittsebene in der Gegend eintreten, wo die sensible Trigeminuswurzel sich findet. Dieselben durchbrechen diese Wurzel und die ihr anliegende *Substantia gelatinosa* (Fig. 461, 466, IX, X) und ziehen gerade oder mit leichten Biegungen auf den Endkern zu, in dem sie sich verlieren. In der Nähe des Endkernes angelangt, zeigen einzelne ihrer Fasern bereits innerhalb der Stämmchen Theilungen, wie solche dann im Endkerne an allen Fasern auftreten, dagegen vermisst man an der Eintrittsstelle dieser Wurzeln Theilungen, wie sie an den sensiblen Wurzeln der Rückenmarksnerven sich finden. Ebenso wenig finden sich Collateralen an denselben. Ueber die nähere Beschaffenheit der Zellen des Vagusendkernes gaben mir *Golgi*'sche Präparate bisher nur geringe Aufschlüsse, da es mir nicht gelang, dieselben in grösserer Zahl zu färben. Ich sah einfache nervöse Fortsätze in mehreren Fällen und ein einziges Mal einen solchen, der drei feine Seitenästchen abgab, ohne seine Individualität zu verlieren. Alle diese Fortsätze gingen ventralwärts ab und wird später die Frage zu erörtern sein, mit welchen Theilen dieselben sich verbinden.

Wie viel von diesem Endkerne auf Rechnung des *Vagus*, wie viel auf diejenige des *Glossopharyngeus* kommt, ist an mikroskopischen Präparaten nicht zu bestimmen, es sei denn, dieselben würden Stücke betreffen, von denen die einen nur den äusserlich sichtbaren Glossopharyngeusstamm, die andern denjenigen des *Vagus* enthielten. Es bleibt somit nichts übrig, als die obersten Theile des Kernes dem 9., die unteren dem 10. Nerven zuzurechnen.

Eine zweite Endigung von Vago-Glossopharyngeuswurzeln findet sich in dem sogenannten *Nucleus ambiguus*, den ich als motorischen Vago-Glossopharyngeuskern bezeichne. Dieser Kern (Fig. 466, X²) liegt dorsalwärts vom dorsalen Olivennebenkern an der medialen Seite der absteigenden Trigeminuswurzel und der Vago-Glossopharyngeuswurzeln und besteht aus multipolaren Zellen von 38—76 μ, im Mittel von 50—60 μ, deren Längsdurchmesser meist in der Richtung der aus dem Kerne entspringenden Fasern steht. Die genaueren Verhältnisse dieses Kernes sind schwer nachzuweisen, indem derselbe an seinen beiden Enden sehr undeutlich ausgeprägt ist. An nach *Weigert* gefärbten Präparaten eines 6 Monate alten menschlichen Embryo fand ich, dass derselbe gerade spinalwärts von der Olive in der Gegend des Beginnes der Schleifenkreuzung seinen Anfang nimmt und Anfangs nur aus 3—5 Zellen in jedem Querschnitte besteht. Nach und nach wird der betreffende Kern stärker und schärfer begrenzt und zeigt seine grösste Entwicklung von der Gegend der Eröffnung des Centralkanales oder des *Calamus scriptorius* bis zum Auftreten der ersten aus dem *Fasciculus solitarius* abgehenden Wurzeln. Von da an wird der Kern, dessen grösster Durchmesser bei dem genannten Embryo in der Querrichtung 0,24—0,45 mm und im *Diameter dorso-ventralis* 0,14—0,18 mm betrug und der in maximo 20—25—30 Zellen auf dem Querschnitte zeigte, wieder kleiner und endet noch unterhalb des cerebralen Endes der Olive in der Gegend des Auftretens des *Nervus cochleae*. Verglichen mit dem Hypoglossuskerne ist der *Nucleus ambiguus* länger, denn wenn auch beide ziemlich in derselben Gegend beginnen, so reicht doch der motorische Vago-Glossopharyngeuskern erheblich weiter in der Richtung nach dem Gehirn zu.

Beim Erwachsenen ist es sehr schwer, die Grenzen des *Nucleus ambiguus* zu bestimmen, besonders an *Weigert*'schen Präparaten, und gelang dies noch am Besten an mit Karmin gefärbten Objekten.

An solchen fand ich wechselnde Grössenverhältnisse, wie bei dem vorhin erwähnten Embryo, ebenso dieselbe Ausdehnung des *Nucleus ambiguus* nach beiden Seiten und die nämliche Zahl der in den einzelnen Querschnitten vorhandenen Zellen. In der Gegend, wo der Kern gut entwickelt war, mass derselbe in der Quere von 0,42—1,0 mm und im *Diameter dorso-ventralis* 0,14—0,42 mm und war meist ziemlich gut begrenzt. Seine Entfernung von den Vago-Glossopharyngeuswurzeln betrug in sagittaler Richtung 1,2—1,7 mm und sein Abstand vom lateralen Ende der dorsalen Nebenolive 1,8—2,5—4,4 mm, welche grösseren Zahlen die Gegenden betreffen, in denen die genannten Nebenoliven an die mediale Seite der Oliven gerückt sind.

Bezüglich auf den feinsten Bau des *Nucleus ambiguus*, so findet man an Präparaten nach *Golgi* an den Zellen desselben einfache nervöse Fortsätze, die jedoch nie weit sich verfolgen lassen. *Vincenzi* bildet eine schöne Zelle von *Golgi*'s II. Typus aus dem *Nucleus ambiguus* ab. Auf der anderen Seite sind an *Golgi*'schen und *Weigert*'schen Präparaten Umbiegungen gewisser Bündel der Vago-Glossopharyngeuswurzeln und Fortsetzungen der Fasern derselben in der Richtung auf den *N. ambiguus* zu mit Leichtigkeit nachzuweisen. Diese Fasern bilden, wie bekannt, keine zusammenhängenden Bündel, wie die Wurzelfasern, aus denen sie hervorgehen, was sich leicht begreift, wenn man weiss,

dass dieselben stets über grössere Strecken sich ausbreiten, weil der *Nucleus ambiguus* als einheitlicher ununterbrochener Kern sich darstellt.

Zwischen den Zellen des *Nucleus ambiguus* breiten sich überall feine Faserverästelungen aus, deren Herkunft nicht so bestimmt als es wünschbar wäre, zu ermitteln war. Unzweifelhaft stammt ein Theil derselben von der sensiblen Quintuswurzel ab, von welcher aus zahlreiche Collateralen medianwärts bis in die Gegend des genannten Kernes und noch weiter verlaufen. Anderseits geben auch die Längsfasern der *Substantia reticularis grisea* eine grosse Zahl von Nebenästchen (Collateralen) ab, die überall zwischen den Bündelchen derselben feinste Verästelungen erzeugen und auch im Umkreise der Zellen des *Nucleus ambiguus* vorhanden sind. Während Beziehungen der sensiblen Quintus-Elemente zu den motorischen Vago-glossopharyngeuselementen physiologisch leicht zu deuten sind, ist es schwer, eine Erklärung der zweitgenannten Art von Beziehungen zu geben. Wenn die Längsfasern der *Substantia reticularis grisea* auf die Vorder-Seitenstrangreste der *Medulla spinalis* zurückzuführen sind, wie wir oben andeuteten, die wesentlich eine sensible Leitungsbahn II. Ordnung darstellen, so würden Beziehungen derselben zum motorischen Vago-Glossopharyngeuskern bedeuten, dass auch sensible Elemente der Spinalnerven vielleicht gekreuzt auf diese Kopfnerven einzuwirken im Stande sind, eine Annahme, die sich nicht unschwer thatsächlich belegen liesse.

Direkte Beziehungen der sensiblen Vago-Glossopharyngeuswurzelfasern zum *N. ambiguus* sind mir bisher nicht zu Gesicht gekommen; immerhin wäre es denkbar, dass solche Fasern oder Collateralen derselben für sich oder zusammen mit den motorischen zu dem betreffenden Kerne verliefen.

Wie viele Fasern aus dem *Vagus*, wie viele aus dem *Glossopharyngeus* zum *Nucleus ambiguus* verlaufen, ist in keiner Weise anatomisch zu entscheiden. Immerhin geht aus dem Auftreten dieses Kernes weit unten im Bereiche der untersten Vaguswurzeln hervor, dass derselbe jedenfalls in seiner ganzen Länge motorische Vagusfasern enthält, während auf der andern Seite die Thatsache, dass auch in der Gegend, in welcher der *Fasciculus solitarius* oder die absteigende Vago-glossopharyngeuswurzel ihre am meisten hirnwärts gelegenen Wurzelbündel entsendet, der *Nucleus ambiguus* immer noch vorhanden ist, unumstösslich beweist, dass auch der IX. Nerv hier im Spiele ist.

Wie wir oben sahen, steht auch der Accessorius zum *Nucleus ambiguus* in Beziehung und geht direkt von demselben lateralwärts ab.

Die dritte Endigung des Vago-Glossopharyngeus ist die absteigende Wurzel oder der *Fasciculus solitarius* von *Lenhossek* (*slender column*, *Clarke*; runde Bündelformation, gemeinschaftliche aufsteigende Wurzel des seitlichen gemischten Systems, *Meynert*; Respirationsbündel, *Krause*, *Gierke*; *Bandelette solitaire*, *Duval*). Dieses Faserbündel (Fig. 461, 462, 466, *Fs.*) stellt im Allgemeinen einen in der Gegend der proximalsten Glossopharyngeuswurzeln beginnenden und längs aller Vaguswurzeln bis jenseits der Pyramidenkreuzung verlaufenden cylindrischen Strang dar, der an seinem cerebralen Ende nach und nach aus eintretenden Vagus- und Glossopharyngeuswurzeln sich zusammensetzt und hier seine grösste Dicke besitzt. Weiter in der Richtung gegen das Rückenmark zu verlaufend, wird der *Fasciculus solitarius* je länger um so schmächtiger und verschwindet endlich in

einer noch nicht genau bestimmten Gegend des Halsmarkes, worüber weiter unten mehr.

Die genaueren Verhältnisse des *Fasciculus solitarius*, wie sie beim Menschen an Querschnitten sich ergeben, sind folgende: In der Gegend des Beginnes der Schleifenkreuzung und des spinalen Endes der Oliven (Fig. 462) liegt derselbe an der lateralen dorsalen Seite des sensiblen Endkernes des Vago-Glossopharyngeus, 1,1 mm von der Medianebene entfernt und misst von 0,10—0,18—0,21 mm im Durchmesser. Von da an wird das Bündel allmählich stärker, entfernt sich von der Medianebene und liegt in der Gegend des *Calamus scriptorius* schon weit lateralwärts (Fig. 461), 4,27 mm von der Medianebene entfernt und mit einer Dicke von 0,80 mm. Im weiteren Verlaufe steigen die Durchmesser des *Fasciculus longitudinalis* allmählich bis zu 1,42 mm und entfernt sich derselbe bis zu 5,7 mm von der Medianebene, um dann zuletzt in der Gegend des Eintrittes der Acusticuswurzeln und des cerebralen Endes der Olive (Fig. 452) in 7,0—7,5 mm Abstand von der *Raphe* mit einem Durchmesser von 1,14 : 0,42 mm als längliche birnförmige Masse in die letzten Glossopharyngeuswurzeln überzugehen. Der gesammte spinale Theil des *Fasciculus solitarius* ist ohne alle Verbindung mit Vago-Glossopharyngeuswurzeln und treten solche erst diesseits des *Calamus scriptorius* auf in einer Gegend, wo das Bündel 1,0—1,14 mm misst und um 4,84 mm von der Medianebene entfernt ist. Von da an aber bilden dieselben eine nahezu zusammenhängende Reihe, von denen die ersten aus der ventralen Seite des Solitarbündels herauskommen, während dieselben später mehr aus der Mitte heraustreten. In dieser Gegend ist dann auch die den *Fasc. solitarius* umgebende graue Substanz besonders entwickelt und tritt oft wie in besonderen Nestern auf. Ferner finden sich hier Nervenzellen auch weit in den Wurzelbündeln drin, so dass die Uebergangsstellen derselben in den *Fasciculus solitarius* oft wie langgestreckte Ganglien erscheinen.

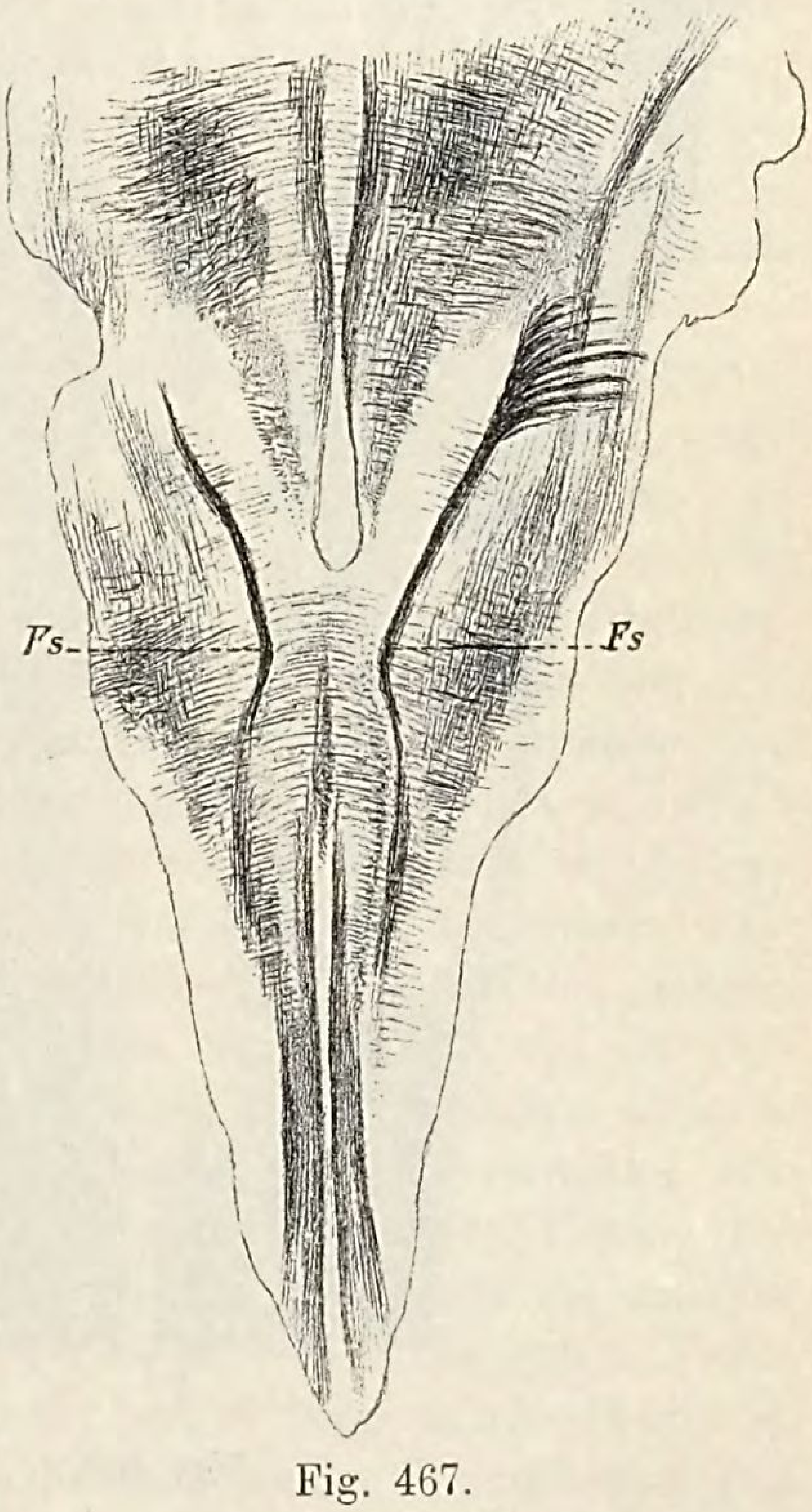


Fig. 467.

Weitere Aufschlüsse über den *Fasciculus solitarius* gewinnt man an Längsschnitten. Bei neugeborenen Katzen fand ich an *Golgi*'schen Präparaten an Frontalschnitten folgende Verhältnisse (Fig. 467). Der *Fasciculus*

Fig. 467. *Medulla oblongata* einer neugeborenen Katze (*Golgi*) frontal (6 : 1). *Fs Fasciculus solitarius*, absteigende Vago-Glossopharyngeuswurzel auf einer Seite mit den eintretenden Wurzeln.

solitarius bildet sich dicht jenseits der Acusticuswurzeln durch den Zusammentritt von 8—10 Wurzelbündeln, die eines hinter dem Andern die absteigende Quintuswurzel durchbohren und nach und nach sich vereinigend einen 0,17—0,22 mm starken Stamm bilden, der schief medianwärts absteigt und nach und nach sich verschmälert. In der Höhe des spinalen Endes der Oliven nähern sich beide Stränge der Medianebene bis auf 0,58 mm, treten dann aber im weiteren Verlaufe in der Höhe der Pyramidenkreuzung wieder auseinander, so dass sie um 0,85 mm von der Mitte abstehen, um endlich wieder der Medianebene zuzustreben. Jenseits der Pyramidenkreuzung verlieren sich die *Fasciculi solitarii* in etwa 0,50 mm Entfernung von der Mitte im Bereiche des lateralen Theiles der *Fasciculi graciles* und war es unmöglich nachzuweisen, ob sie hier endeten oder noch weiter zogen. Bei der erwachsenen Katze war es an Querschnitten *Weigert*'scher Präparate sehr schwer, die *F. solitarii* abwärts zu verfolgen und an einer guten Serie von Längsschnitten ergab sich dies als noch schwieriger, so dass ich ganz davon abstehen musste, hier ihr distales Ende zu bestimmen.

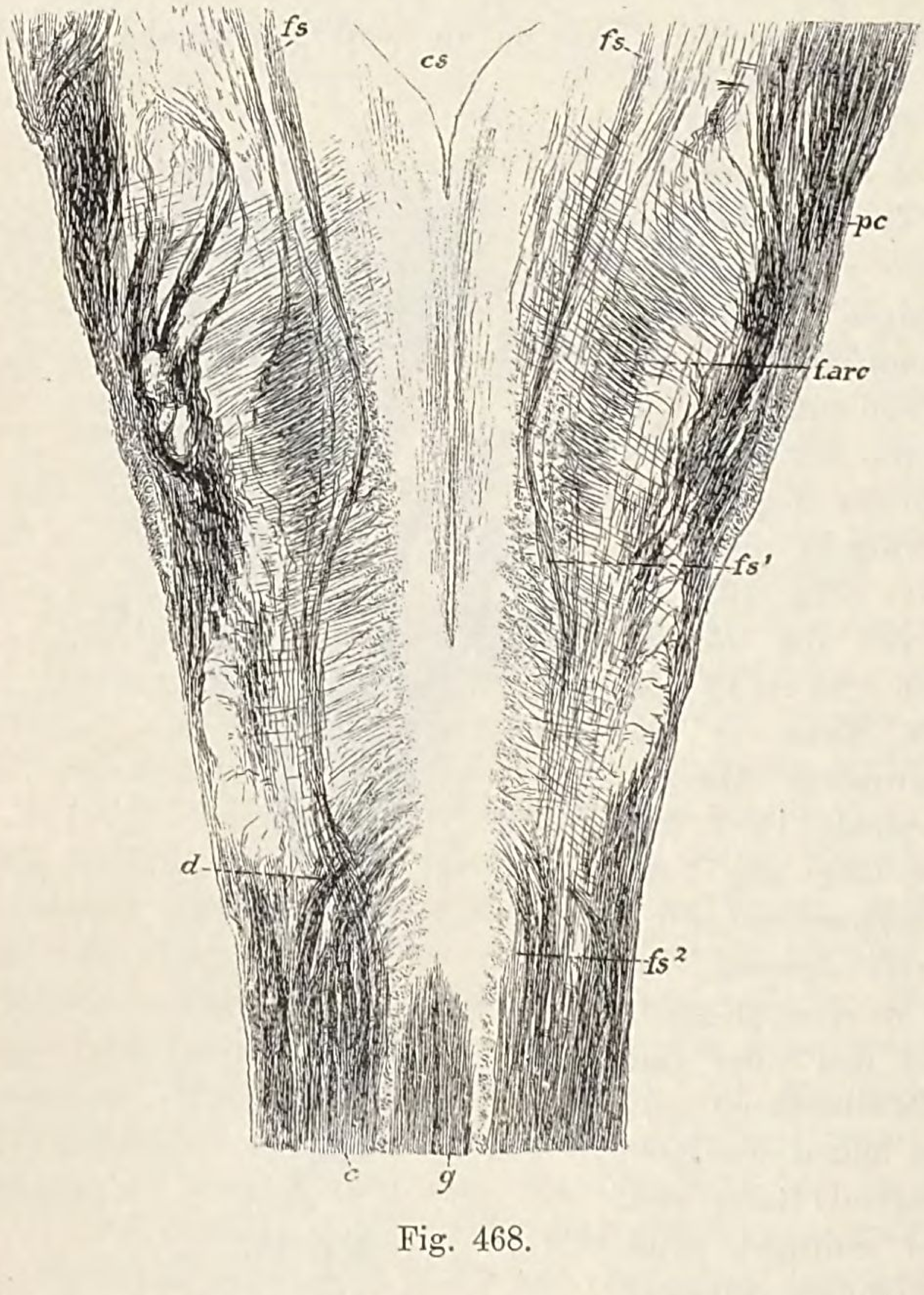


Fig. 468.

Beim Menschen dagegen ergaben Frontalschnitte an *Weigert*'schen Präparaten sehr gute Resultate (Fig. 468), doch habe ich zu bedauern, dass meine Schnitte nicht über den *Calamus scriptorius* heraus reichten und somit das proximale Ende des *Fasciculus solitarius* und seine Zusammensetzung aus den betreffenden Nervenwurzeln nicht erhalten war.

Fig. 468. Frontalschnitt der *Medulla oblongata* des Erwachsenen, dorsale Seite. 4:1 nach Pal. *cs Calamus scriptorius*; *d* Schleifenkreuzung; *g F. gracilis*; *f.arc Fibr. arc. int.*; *c Cuneatus*; *fs F. solitarius*; *fs*[1] *F. solitarius*, Umbiegung; *fs*[2] *F. solitarius*, Anschluss an den *F. cuneatus*; *pc Ped. cerebelli* oder *Corpus restiforme*.

In der Fig. 468 ist bei viermaliger Vergrösserung ein Frontalschnitt der *Medulla oblongata* dargestellt, der den *Fasciculus solitarius* in der ganzen Länge desselben von 24 mm zeigt. Die cerebralen Enden des Stranges stehen um 4,70 mm von der Medianebene ab und messen 0,5—0,6 mm in der Breite. Dann nähern sich dieselben, bis sie in der Gegend des spinalen Endes der Oliven, 6 mm jenseits des *Calamus scriptorius*, nur noch um 1,7 mm von der Medianebene entfernt sind und verschmälern sich zugleich auf 0,2 mm und darunter. Hierauf folgt in der Gegend des cerebralen Endes der Pyramidenkreuzung nochmals auf einer kurzen Strecke ein Auseinandertreten der *Fasciculi solitarii* bis auf 2,85 mm von der Medianebene und endlich ein fortschreitendes Konvergiren bis zum Ende des Schnittes. In diesem ganzen letzten Abschnitte fliesst die absteigende Vago-Glossopharyngeuswurzel so mit dem *Fasciculus cuneatus* zusammen, dass sie nicht mehr von demselben unterschieden werden kann und halte ich es für unmöglich, auf anatomischem Wege ihr Ende zu bestimmen.

Bezüglich auf den feineren Bau der absteigenden Vago-Glossopharyngeuswurzel, so erkennt man schon an *Weigert*'schen Präparaten des Erwachsenen, dass dieselbe aus feineren und feinsten Nervenfasern besteht und an vielen Orten graue Substanz beigemischt enthält, welche meist wie eine einseitig ansitzende Lage erscheint und in der Regel die mediale Seite des Nervenfaserbündels einnimmt, andere Male aber auch an der lateralen Seite liegt oder das Faserbündel rings umfasst. Weitere Aufklärungen gewähren Präparate von jungen Geschöpfen nach *Golgi*'s Methode und habe ich an solchen vor allem bei der Katze und einem menschlichen Embryo von 4 Monaten an Längs- und Querschnitten folgendes gefunden: Die Nervenfasern des *Fasciculus solitarius* zeigen sowohl Theilungen als Collateralen, doch sind die ersteren nicht in einer solchen Weise angeordnet, dass eine Vergleichung mit den dorsalen Wurzeln der Rückenmarksnerven zulässig wäre, indem dieselben nicht in einer und derselben Höhe, sondern über das ganze Bündel verbreitet sich finden, so dass sich auch nicht sagen lässt, ob dieselben an allen Fasern desselben sich finden. Immerhin ist die Zahl derselben eine ganz ansehnliche. Ebenso finden sich auch zahlreiche Collateralen und neben denselben Faserenden in Form von Umbiegungen, wie solche bereits beim Rückenmark beschrieben wurde. Die Collateralen sowohl, wie die umbiegenden Stammfasern (Fig. 469) zeigen die gewöhnlichen feinen Verästelungen und Endbüschel und umgeben mit einem reichen Flechtwerk die in der Nähe des *Fasciculus solitarius* gelegenen Nervenzellen. Diese sind von geringer Grösse, multipolar und senden ihren nervösen Fortsatz meist ventralwärts. Da es mir noch nicht gelang, einen solchen Fortsatz auf grösseren Strecken zu verfolgen, so vermag ich auch nicht zu sagen, ob derselbe unverästelt bleibt oder nicht und welches sein weiterer Verlauf ist. Doch möchte kaum zu bezweifeln sein, dass diese Fortsätze früher oder später in die Längsrichtung umbiegen und eine Verbindung der betreffenden Vago-Glossopharyngeuswurzel mit andern Hirntheilen herstellen. In dieser Beziehung verdient alle Beachtung, dass an *Weigert*'schen Präparaten meist an beiden Seiten vom *Fasciculus solitarius* Bogenfasern abgehen (Fig. 462), die als selbständige Bildungen den Schleifenfasern sich beimengen, welche aus der Gegend des *Fasciculus gracilis* abstammen und mit denselben in der *Raphe*

mit gleichen Bündeln der anderen Seite sich kreuzend auf die andere Seite übertreten. Wir hätten somit auch hier, wie bei andern sensiblen Nerven, eine in die Schleife übergehende gekreuzte sensible Bahn II. Ordnung.

Verbindungen des *Fasciculus solitarius* mit dem Hypoglossuskerne scheinen nicht vorzukommen. Die Endigungen seiner Fasern und Collateralen bedecken zwar einen nicht ganz geringen Raum um denselben herum, immerhin gelang es mir bisher nicht, dieselben durch den sensiblen Endkern des Vagus hindurch bis zum Kerne des zwölften Nerven zu verfolgen.

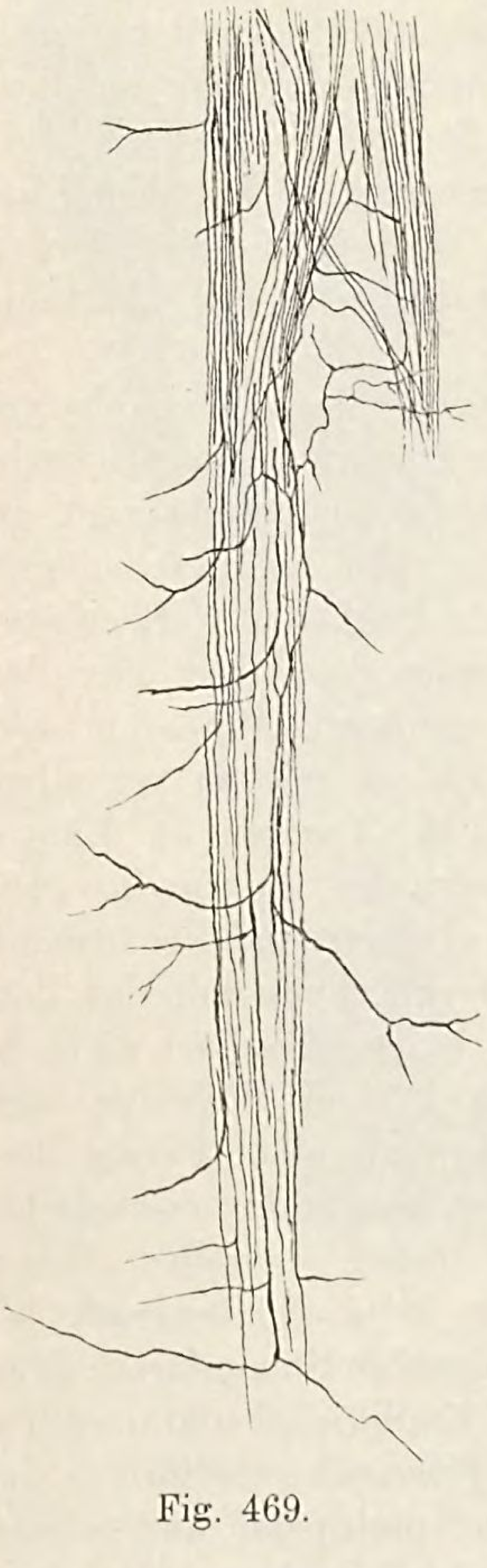


Fig. 469.

Die Verbindungen des Vagus und Glossopharyngeus mit andern Theilen anlangend, so frägt sich einmal, mit welchen Theilen die Zellen der Endkerne beider Nerven zusammenhängen und zweitens, welche Beziehungen andere Hirntheile mit dem motorischen Kerne derselben haben.

Die Verbindungen des *Nucleus ambiguus* oder des motorischen Vago-Glossopharyngeuskernes sind z. Th. oben schon besprochen worden und wurden dort erwähnt: 1. Beziehungen zur sensiblen Quintuswurzel und 2. zu den Collateralen der Längsfasern der *Substantia reticularis grisea*, welche Längsfasern als vom Rückenmark heraufziehende sensible Bahnen II. Ordnung gedeutet wurden. Auf welchem Wege die Bahnen für die willkürlichen Bewegungen oder die Pyramidenfasern mit diesem Kerne in Verbindung stehen, war nicht sicher zu ermitteln, doch könnten aus den Pyramiden stammende *Fibrae rectae* der *Raphe* und Fortsetzungen derselben in *Fibrae arcuatae internae* diese Rolle übernehmen oder von derselben Quelle direkt abzuleitende *Fibrae arcuatae ventrales* (s. auch *Obersteiner* S. 394).

Die nicht mit dem *Fasciculus solitarius* zusammenhängenden sensiblen Vago-Glossopharyngeuswurzeln enden einmal in dem Endkern und erregen die hier befindlichen Nervenzellen, deren nervöse Fortsätze ventralwärts verlaufen und wohl unzweifelhaft der Schleifenfaserung sich beigesellen, in der *Raphe* sich kreuzen und eine sensible Leitung II. Ordnung zum Gehirn darstellen.

Doch muss hervorgehoben werden, dass weder an *Golgi*'schen noch an *Weigert*'schen Präparaten stärkere Faserbündel nachzuweisen sind, die wie die

Fig. 469. Ein Stück der *Fasc. solitarius* der neugebornen Katze nach *Golgi*. Bei starker Vergrösserung gezeichnet und verkleinert, mit den Verästelungen der Nervenfasern desselben und mit Collateralen.

Schleifenfasern verlaufen, und überall im Endkerne nur vereinzelte Fasern vorkommen, die denselben sich beigesellen.

Eine zweite Beziehung der genannten sensiblen Elemente ergiebt sich zum Hypoglossuskerne und zur *Raphe*. In der Fortsetzung der Vago-Glossopharyngeuswurzeln ziehen mehr weniger starke Bündel an der ventralen Seite des Hypoglossuskernes dicht an den Bündeln der *Substantia reticularis grisea* und des *Fasciculus longitudinalis dorsalis* gegen die *Raphe*. In diesem Verlaufe geben dieselben eine grössere Zahl von Fasern an den Kern des XII. Nerven ab, welche, wie *Golgi*'sche Präparate lehren, in demselben sich verästeln und enden. Andere dieser Fasern gehen, indem sie auf ihrem Wege Collateralen an den Hypoglossuskern abgeben, allem Anscheine nach bis in die *Raphe*, kreuzen sich da und biegen auf der anderen Seite in die dorso-ventrale Richtung um, indem sie durch den *Fasc. longitudinalis dorsalis* verlaufen. Das weitere Schicksal dieser Fasern, die ich bis jetzt nur bei einem neugeborenen Kaninchen sah, konnte ich nicht ermitteln.

Der *Fasciculus solitarius* steht durch die Zellen seiner grauen Substanz, die ebenfalls einen sensiblen Endkern darstellen, wie oben schon dargelegt wurde, wahrscheinlich ebenfalls mit den Schleifenfasern in Verbindung, ob mit dem XII. Nerven, musste ich zweifelhaft lassen.

In der Auffassung des XI., X. und IX. Nervenpaares machen sich immer noch die widersprechendsten Ansichten geltend. Besonders beachtenswerth ist die Annahme von *Roller*, der zufolge der IX. Nerv nur Eine Wurzel haben soll, den *Fasciculus solitarius* und nur Einen Kern, die graue Substanz, die diesen Strang umgiebt. Gegen diese Auffassung spricht ganz entschieden der Umstand, dass im Bereiche der obersten Wurzeln, die in den *Fasc. solitarius* eingehen und die ganz sicher dem Glossopharyngeus angehören, auch Wurzeln vorkommen, die an der ventralen Seite des *F. sol.* vorbeigehen und zu einem Kerne ziehen, der in der Fortsetzung des Vaguskernes liegt. Diese Verhältnisse sah ich am deutlichsten an Frontalschnitten bei neugeborenen Kätzchen, doch waren dieselben auch an Querschnitten *Weigert*'scher Präparate des Menschen zu erkennen. Da ferner der *Nucleus ambiguus* auch in der Gegend der in den *F. solitarius* eintretenden Wurzeln sich findet, so glaube ich mich berechtigt anzunehmen, dass nicht nur der Vagus, sondern auch der Glossopharyngeus motorische Wurzeln besitzt.

Ein strittiger Punkt ist die Erstreckung der absteigenden Vago-Glossopharyngeuswurzel in spinaler Richtung. *Krause* lässt den *F. solitarius* in Gestalt von Bündeln stärkster Nervenfasern bis zum vierten Cervikalnerven verlaufen und will einige wenige Fasern desselben bis in die Gegend des achten Halsnerven verfolgt haben und *Schwalbe* zieht für diese Aufstellung auch eine Beobachtung von *Goll* heran (Denkschr. d. med.-chir. Ges. d. Kant. Zürich 1860 S. 163), dass bis zur Halsanschwellung und weiter herab starkfaserige Längsbündel an der ventralen und lateralen Seite des Dorsalhornes in der Gegend der *Proc. reticulares* sich finden. Es ist jedoch die Angabe von *Krause*, dass der *F. solitarius* aus stärksten Nervenfasern und Achsencylindern mit nur wenigen feinen Fasern bestehe, nicht richtig und zeichnet sich dieses Bündel gerade umgekehrt durch die Feinheit seiner Elemente aus. Zur Aufklärung dieser wichtigen Sache ersuchte ich Kollege *Krause* um Mittheilung von Präparaten über sein Respirationsbündel und erhielt von ihm einen Querschnitt aus der Gegend des vierten Cervikalnerven von dem Marke eines 22jährigen Mäd-

chens. Dieses Präparat lehrt aufs Entschiedenste, dass die betreffenden Fasern nicht dem *Fasc. solitarius* angehören, da dieselben in der That fast alle zu den stärksten im Marke vorkommenden gehören und würde ich dieselben unbedingt dem *Accessorius spinalis* zuzählen, wenn nicht die Stärke der betreffenden Bündel Bedenken erregte (*Henle-Pick*'sches Bündel?).

Nach einer neuesten Mittheilung von *His* (1890) reicht der *Fasc. solitarius* schon bei menschlichen Embryonen von 6 Wochen bis in das Rückenmark herab und am Schlusse des 2. Monates lasse sich derselbe als zusammenhängendes Bündel noch ein gutes Stück über die Nackenkrümmung hinaus verfolgen und gehe dann seitwärts in die Längsbündel des Markes über, Angaben, mit denen meine oben erwähnten Erfahrungen an Längsschnitten ganz gut stimmen, die eine Erstreckung des *F. sol.* beim Menschen bis etwa 23 mm unter den *Calamus scriptorius* ergaben.

Mit Rücksicht auf die Erstreckung des *F. solitarius* gegen das Rückenmark zu ist noch der Angabe *Roller*'s über den Kern dieses Stranges zu gedenken. Derselbe soll noch etwas weiter nach dem Marke zu sich erstrecken als der Strang selbst (*Roller*, Fig 2, 3 und 4). Ich kenne die von *Roller* erwähnten Heerde kleiner Zellen ebenfalls, bin aber nicht in der Lage zu behaupten, ob Fasern des *Fasciculus solitarius* zu denselben sich begeben und bemerke nur, dass da, wo der Strang selbst erkennbar ist, die zu demselben gehörende graue Substanz niemals einen getrennten besondern Kern bildet, wie in der Fig. 4 von *Roller* und ziehe ich daher die betreffenden Zellen zum Vaguskern.

Die Frage, ob der *Fasciculus solitarius* zum IX. oder zum X. oder zu beiden Nerven gehöre, wird in neuester Zeit seit *Roller* meist im ersteren Sinne beantwortet, ich glaube jedoch wie *His* denselben beiden Nerven zurechnen zu müssen. *His* stützt sich auf die Entwicklung dieser Nerven, die lehrt, dass beide in den *Fasc. solitarius* übergehen (Entw. d. m. Rautenhirns Tab. IV, Fig. 18 und S. 65) und ausserdem noch andere Wurzeln besitzen und ich schliesse aus der Zahl und Stärke der Wurzelbündel, die den *F. solitarius* bilden, dass dieselben nicht nur dem dünnen Glossopharyngeus angehören können.

Eine Beziehung des *Nucleus ambiguus* zu Vago-Glossopharyngeuswurzeln der gekreuzten Seite (*Obersteiner*, *Bechterew*) ist mir ebenso wenig wie *A. Bruce* vorgekommen. Desgleichen vermag ich auch nicht mit *Edinger* (3. Aufl. 156) eine Kleinhirnwurzel des Vago-Glossopharyngeus (*Edinger*'s direkte sensorische Kleinhirnbahn) anzunehmen.

Bei *Roller* und *Holm* (Norsk mag. f. Laegere 1892 S. 1, 6 Taf.) finden sich noch eine Reihe abweichender und besonderer Angaben über den Vagus und Glossopharyngeus, die ich nicht zu bestätigen im Stande bin, auf die ich hiermit verweise.

§ 142.

III. Acusticus (Fig. 470—488).

Der Hörnerv entspringt vom *Ganglion spirale cochleae* und von der *Intumescentia ganglioformis Scarpae*, die beide bipolare Ganglienzellen enthalten, und tritt mit zwei Wurzeln, die durch die vereinten Be-

mühungen verschiedener Forscher, wie *Duval, Bechterew, Forel,* als *Nervus cochleae* und als *Nervus vestibuli* erkannt wurden, in das verlängerte Mark ein, um hier in bestimmten Endkernen sein Ende zu erreichen. Der *Nervus cochleae* oder die laterale Wurzel (die oberflächliche, untere oder hintere Wurzel der Autoren) liegt der *Medulla oblongata* näher und unterscheidet sich von der medialen Wurzel oder dem *N. vestibuli* (der tiefen, oberen, vorderen Wurzel der Autoren) durch ihre Lage zum *Pedunculus cerebelli,* indem dieselbe an der lateralen Seite desselben verläuft, während der *N. vestibuli* seiner medialen Seite folgt (Fig. 470, *Nc* und *Nv*).

Mit diesen Wurzeln stehen nun verschiedene Ansammlungen grauer Substanz in Verbindung, die sich folgendermassen unterscheiden.

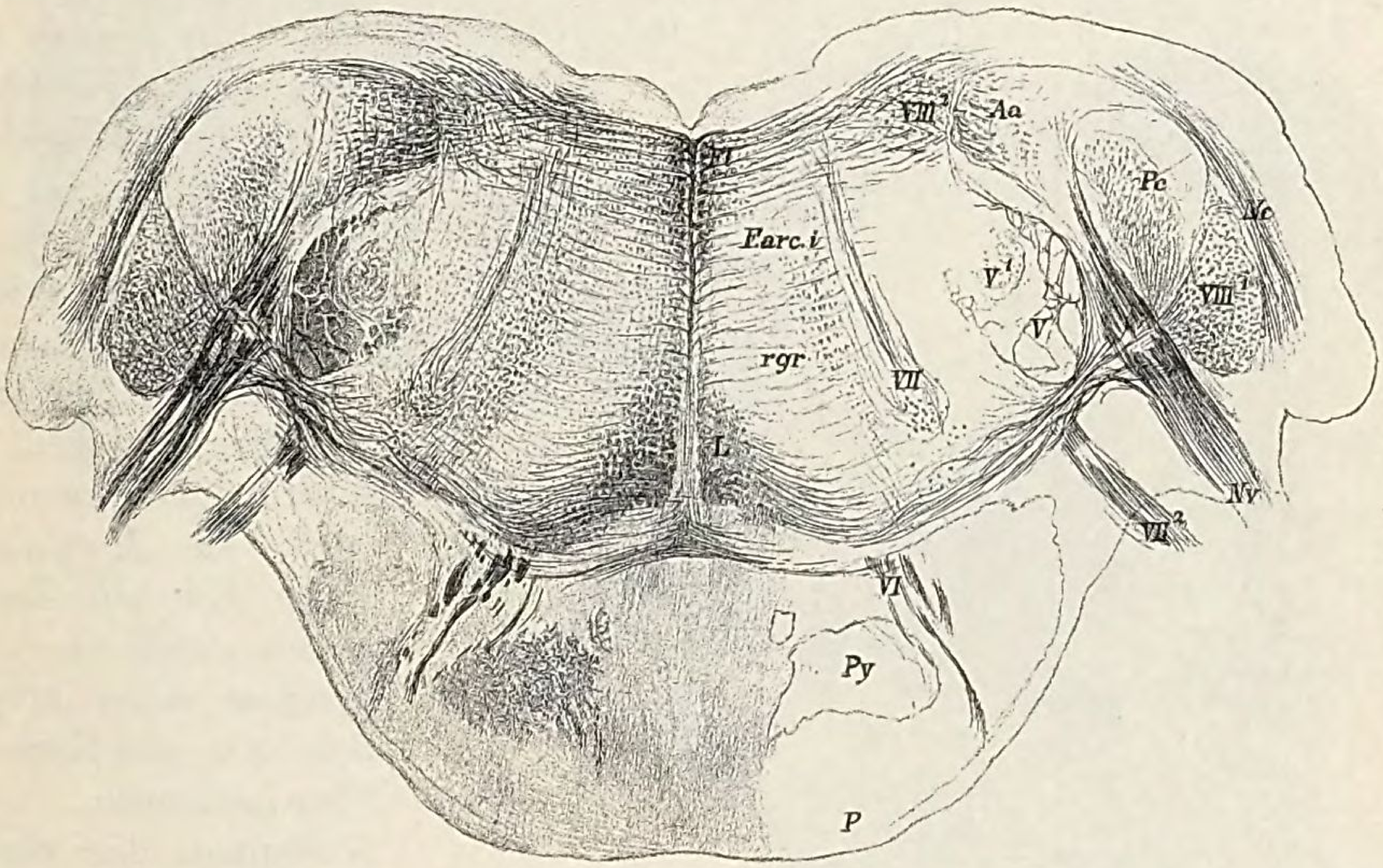


Fig. 470.

1. Der ventrale oder laterale Kern (*Synonyma:* vorderer Kern, accessorischer Kern, lateraler Kern der vorderen Wurzel, *Acusticusganglion*) liegt anfänglich ganz und gar an der lateralen Seite des *Nervus cochleae,* z. Th. ausserhalb der eigentlichen Hirnsubstanz, ähnlich den Spinalganglien der dorsalen Wurzeln, z. Th. zwischen demselben und dem Flocculus. Schon bevor jedoch dieser Ast des Acusticus, zwischen dessen Bündeln auch schon Ganglienmasse sich findet, ganz in die *Medulla oblongata* eingetreten ist, begiebt sich die Ganglienmasse an die mediale Seite desselben und liegt nun zwischen dem

Fig. 470. Querschnitt durch den distalen Theil der Brücke eines Fötus von acht Monaten, *Pal*'sche Färbung. Vergr. 6 : 1. Nr. 143. *P* Oberflächliche Brückenfasern marklos; *Py* Pyramiden marklos; $VIII^1$ *Ganglion ventrale acustici,* aus welchem das markhaltige Trapezium entspringt; $VIII^2$ *Ganglion dorsale acustici*; *Nv Nervus vestibuli*; VII^2 austretende Facialiswurzel; *VII* Facialiskern mit dem ersten Abschnitte der Wurzel; *VI* Abducenswurzeln; *L Lemniscus,* Schleifenschicht; *Fl Fasciculus longitudinalis*; *F.arc.i Fibrae arcuatae internae*; *Nc Nervus cochleae*; *Pc Pedunculus cerebelli*; *Aa* spinale Acusticuswurzel; *rgr Substantia reticularis grisea*; *V* spinale Trigeminuswurzel; V^1 Trigeminusendkern oder *Subst. gelatinosa.*

N. cochleae und dem *N. vestibuli* (Fig. 470, 472), in welcher Lage das Ganglion sich erhält (Fig. 471), bis dasselbe, zugleich mit dem gänzlichen Eintreten des *N. vestibuli* auch sein Ende erreicht (Fig. 455). Noch genauer lässt sich die Ausdehnung dieses ventralen Kernes bestimmen nach dem *Corpus trapezoides*, dessen Fasern grösstentheils in diesem Kerne entspringen und welches in seiner Längenerstreckung mit demselben gleichen Schritt hält.

Am lateralen oder ventralen Kerne, der beim Menschen nach *Krause* 5 mm lang ist, im *Diameter antero-posterior* 3 mm und in der Breite 2 mm beträgt, lässt sich beim Menschen eine dorsale von einer ventralen Abtheilung unterscheiden. Die letztere besitzt mehr rundliche Zellen, beim Menschen von 25—35 μ, bei der Katze von 56—64 μ Durchmesser, welche durch ihre dichte Lagerung an die Elemente der Spinalganglien erinnern, mit denen sie auch, wie *Meynert* seiner Zeit mit Recht angab, durch das Vorkommen zellenhaltiger Scheiden oder Kapseln übereinstimmen, ein Verhalten, das einzig in seiner Art dasteht und noch keine bestimmte sichere Erklärung gefunden hat. Die dorsale Abtheilung des Kernes, das sogenannte *Tuberculum acusticum* (*Tuberculum laterale*, das oberflächliche *Acusticusganglion*) besitzt grösstentheils kleinere, mehr zerstreut liegende Zellen von 10—16 μ, z. Th. auch grössere längliche Zellen bis zu 30 μ und darüber (Fig. 478) und ist bei Thieren viel entwickelter als beim Menschen. Eine deutliche Schichtung in drei Zonen, eine oberflächliche mit kleinen Zellen (Körner), eine mittlere mit mehreren Reihen grösserer und länglicher, meist radiär gestellter Elemente und eine tiefe Lage wieder mit kleineren Elementen, welche mehrere Autoren (*Onufrowicz*, *Obersteiner*, 2. Aufl., S. 385, *L. Sala* p. 7) im *Tuberculum acusticum* beschreiben, ist nur bei Säugethieren bestimmt ausgesprochen und beim Menschen nicht nachzuweisen.

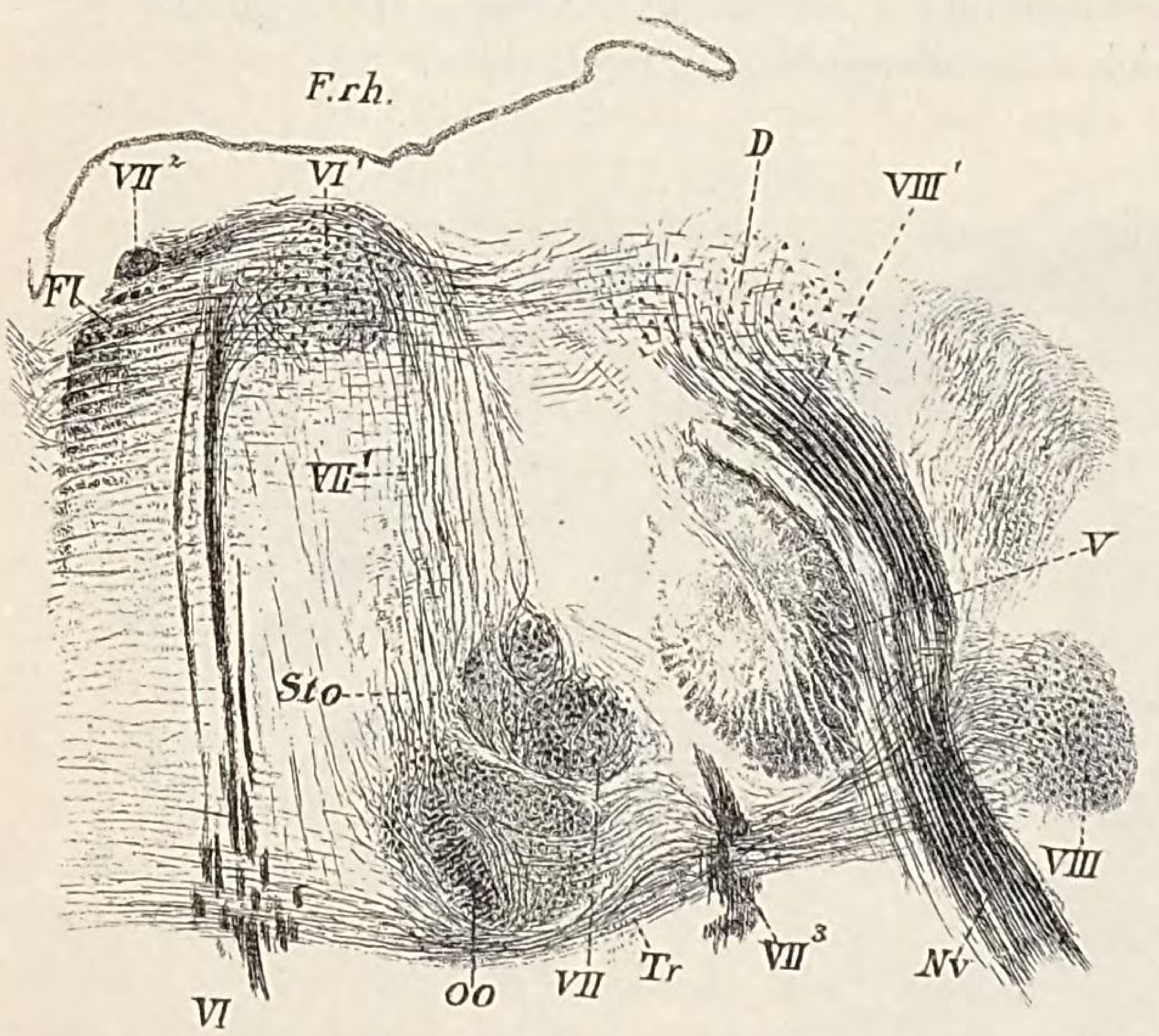


Fig. 471.

Fig. 471. Dorsaler Theil eines Querschnittes der *Medulla oblongata* eines menschl. Embryo von 6 Monaten, *Weigert*, 13 : 1. *Fl Fasciculus longitudinalis dorsalis*; *VI* Abducens; *VI'* Abducenskern; *VII* Fac.-Kern; *VII*¹ aufsteigende Fac.-Wurzel; *VII*² Fac.-Knie; *VII*³ austretende Fac.-Wurzel; *Tr Trapezium*; *Oo* kleine Olive; *Nv Nervus vestibuli*; *VIII* ventrales Acusticusganglion; *VIII'* absteigende Vestibulariswurzel; *D* Kern von *Deiters*; *V* sensible Quintuswurzel; *Frh Fovea rhomboidalis*.

2. Der dorsale mediale oder der Hauptkern des Acusticus *(Schwalbe)* (der ventrale Acusticuskern, *Stieda;* der innere Acusticuskern, *Clarke-Meynert;* der mediale Kern der hintere Wurzel, *Krause;* der mediale Theil

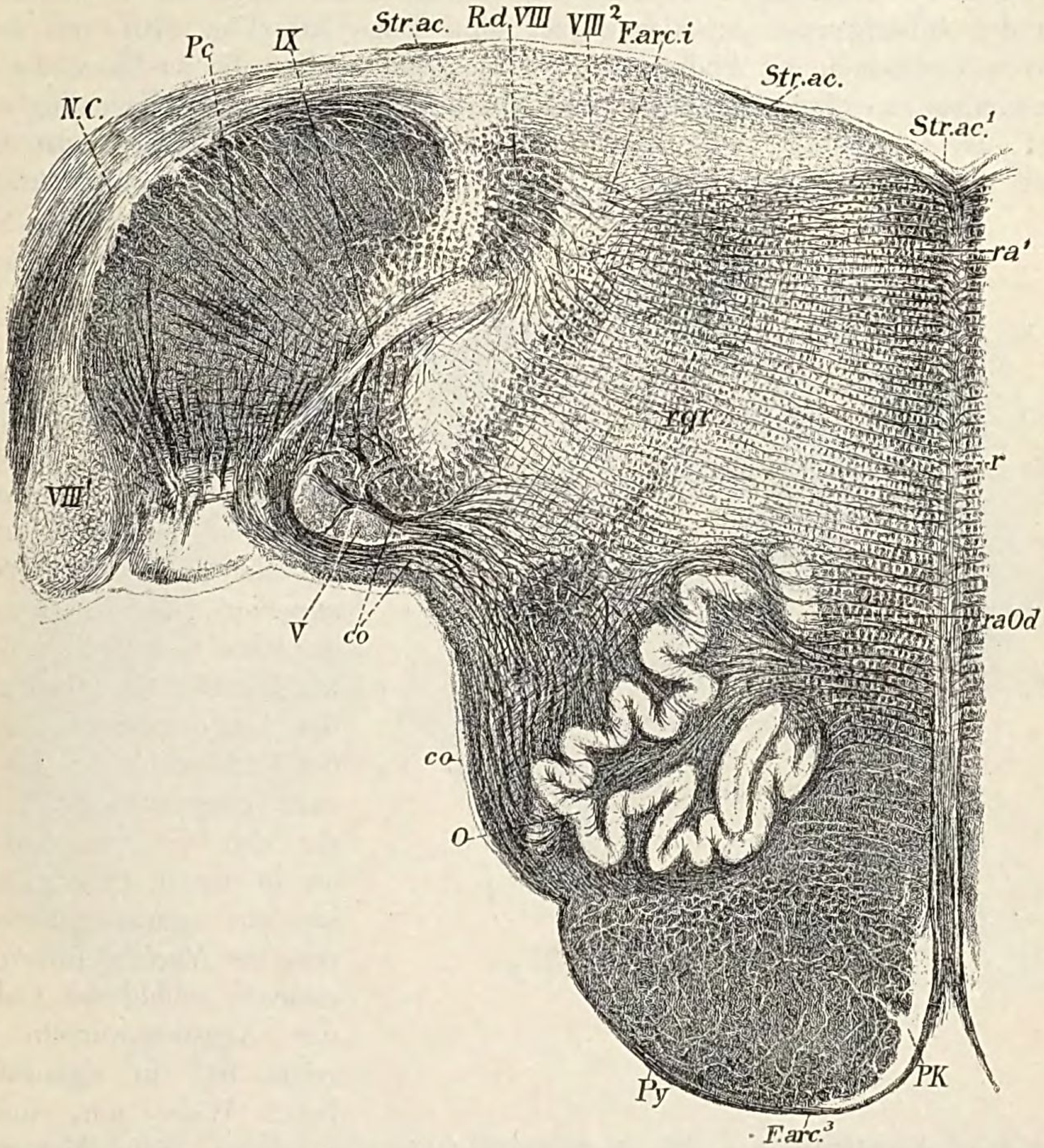


Fig. 472.

des *Nucleus superior, Henle;* der dreieckige Kern, *Nucleus triangularis,* das dreieckige Acusticusfeld) (Fig. 461 zwischen *P* und *Fs*; Fig. 472 *VIII²*;

Fig. 472. Querschnitt durch die *Medulla oblongata* in der Gegend des Acusticuseintrittes vom Menschen. Nach einem *Weigert* von Prof. *O. Schultze* Nr. 147. Vergrösserung 7 : 1. *Py* Pyramiden; *PK Nucleus arciformis*; *O* Olive; *Od Oliva dorsalis*; *ra Substantia reticularis alba* ventraler Theil oder Schleifenschicht; *ra' Substantia reticularis alba P. dorsalis* oder *Fasciculus longitudinalis dorsalis*; *r* Raphe; *co* Kleinhirn-Olivenfasern; *V Radix sensibilis quinti*; *VIII¹ Ganglion ventrale acustici*; *VIII² Ganglion dorsale acustici*; *NC Nervus cochleae*; *Pc Pedunculus cerebelli*; *IX Radix suprema glossopharyngei*; *R.dVIII Radix descendens acustici*; *F.arc.i Fibrae arcuatae internae*; *Str.ac. Stria acustica*; *rgr Subst. reticularis grisea.*

Fig. 470 *VIII 2*) beginnt an der lateralen Seite des sensiblen Vago-Glossopharyngeusendkerns oder der *Ala cinerea* und zieht sich soweit als das *Tuberculum acusticum* von *Schwalbe* (Neurologie Fig. 254 *ta*), indem er da, wo der Vago-Glossopharyngeuskern in die Tiefe tritt, an den Hypoglossuskern sich anreiht und zuletzt in der Höhe des Facialiskernes allein an der medialen Seite der aufsteigenden Acusticuswurzel seine Lage hat (Fig. 470), um dann vor dem Erscheinen des Abducenskernes zu verschwinden. Dieser Kern, der im Querschnitte eine dreieckige Masse darstellt, zeigt keine scharfe Begrenzung und enthält kleinere, meist dreieckige und spindelförmige, auch wohl multipolare Nervenzellen von 20 μ mittleren Durchmessers.

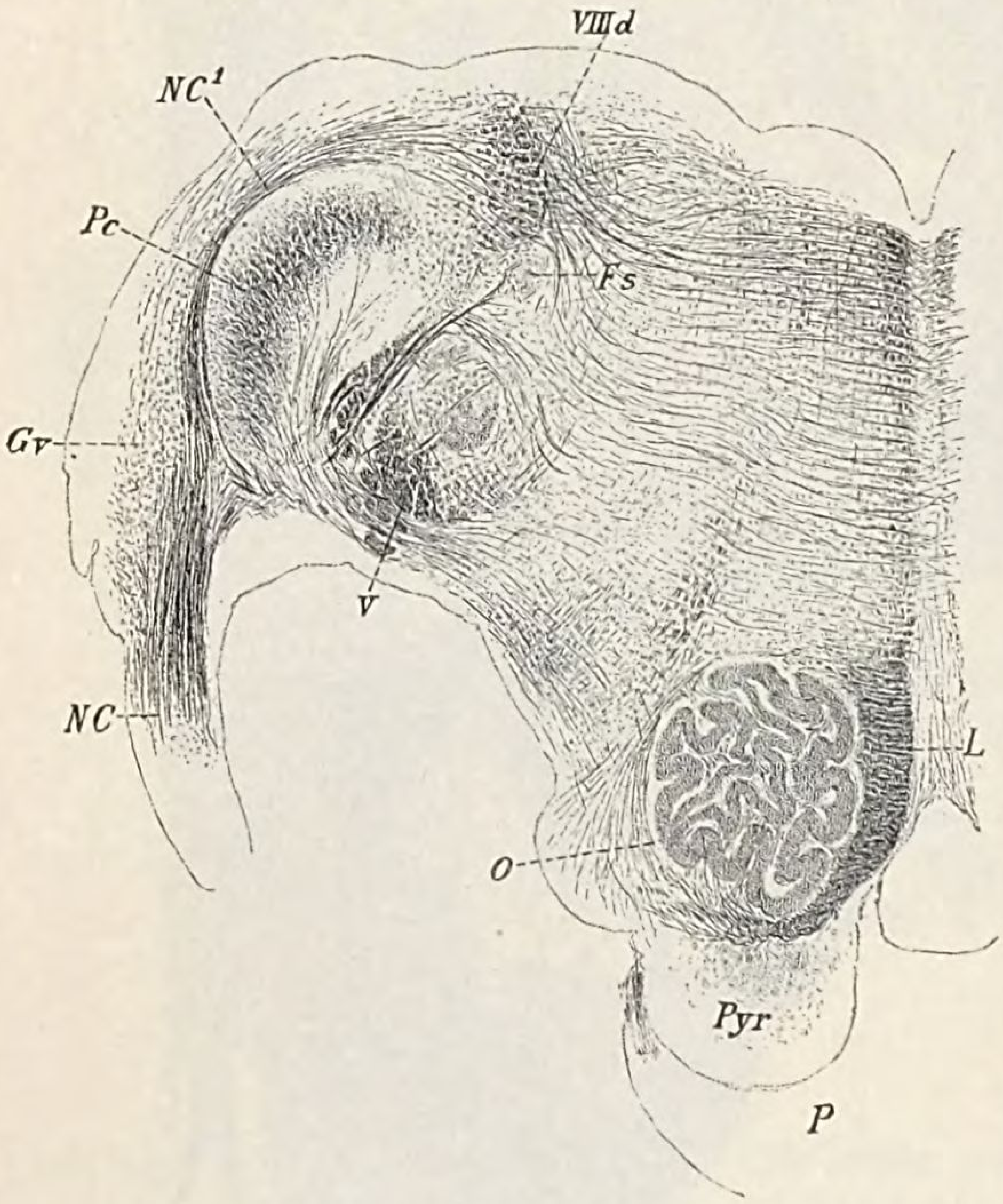


Fig. 473.

3. Der dorsale laterale Kern oder der Kern von *Deiters* (*Synonyma:* grosszelliger Kern, äusserer Acusticuskern, medialer Kern der vorderen Wurzel, lateraler Theil des *Nucleus superior*). In der Gegend der schon mehrfach (S. 204, 216) erwähnten absteigenden Acusticuswurzel, die in der Fortsetzung des *Fasciculus cuneatus* auftritt, bildet sich die von Anfang an in diesem Strange vorhandene graue Substanz, oder der *Nucleus Fasciculi cuneati*, sobald das Gebiet der Acusticuswurzeln erreicht ist, in eigenthümlicher Weise um, indem die Zellen desselben eine sehr bedeutende Grösse annehmen (beim Menschen 40—60—100 μ; bei der Katze 57—114 μ) und schöne multipolare Bildungen darstellen (Fig. 465, 466, 470 *VIII*², 471 *D*). Dieser Kern nimmt von unten nach oben an Masse zu und liegt anfänglich ganz seitlich am Boden der Rautengrube. Da, wo die *Pedunculi cerebelli* in's kleine Gehirn eintreten, rückt derselbe allmählich dorsalwärts, kommt an die Seitenwand des IV. Ventrikels zu

Fig. 473. Querschnitt durch die *Medulla oblongata* eines menschlichen Embryo von acht Monaten dicht an der Brücke, Nr. 135 der Serie, *Weigert-Pal*, achtmal vergr. *P* Theil der Brücke; *Pyr Pyramis*; *O* grosse Olive; *L Lemniscus medialis*; *V* sensible Quintuswurzel; *Fs Fasciculus solitarius* mit Glossopharyngeuswurzel; *NC Nervus cochleae*; *Gv Ganglion ventrale acustici* mit dem Tuberculum an dessen lateraler Seite; *NC'* sekundäre dorsale Bahn aus dem *Ganglion* um den *Pedunculus cerebelli Pc* herum zum *Corpus trapezoides*; *VIIId* absteigender Vestibularisast.

liegen und zeigt seine grösste Entwicklung (sog. *Bechterew*'scher Kern, *Nucleus angularis*, Hauptkern des *Nervus vestibularis*, *Flechsig*), um dann mit dem Auftreten des *Facialis* und dem Schwinden der Wurzeln des *Nervus vestibuli* wieder abzunehmen und endlich zu schwinden.

Den Verlauf der Acusticuswurzeln betreffend, so ergiebt sich folgendes: Der *Nervus cochleae* zieht im Allgemeinen bogenförmig an der lateralen Seite um den *Pedunculus cerebelli* herum, wobei er das *Ganglion ventrale* durchsetzt. Hierbei endigt auf jeden Fall die grosse Mehrzahl seiner Elemente zwischen den Zellen beider Abtheilungen des genannten Ganglion, während es zweifelhaft erscheint, ob ein Theil desselben um den *Pedunculus cerebelli* herum

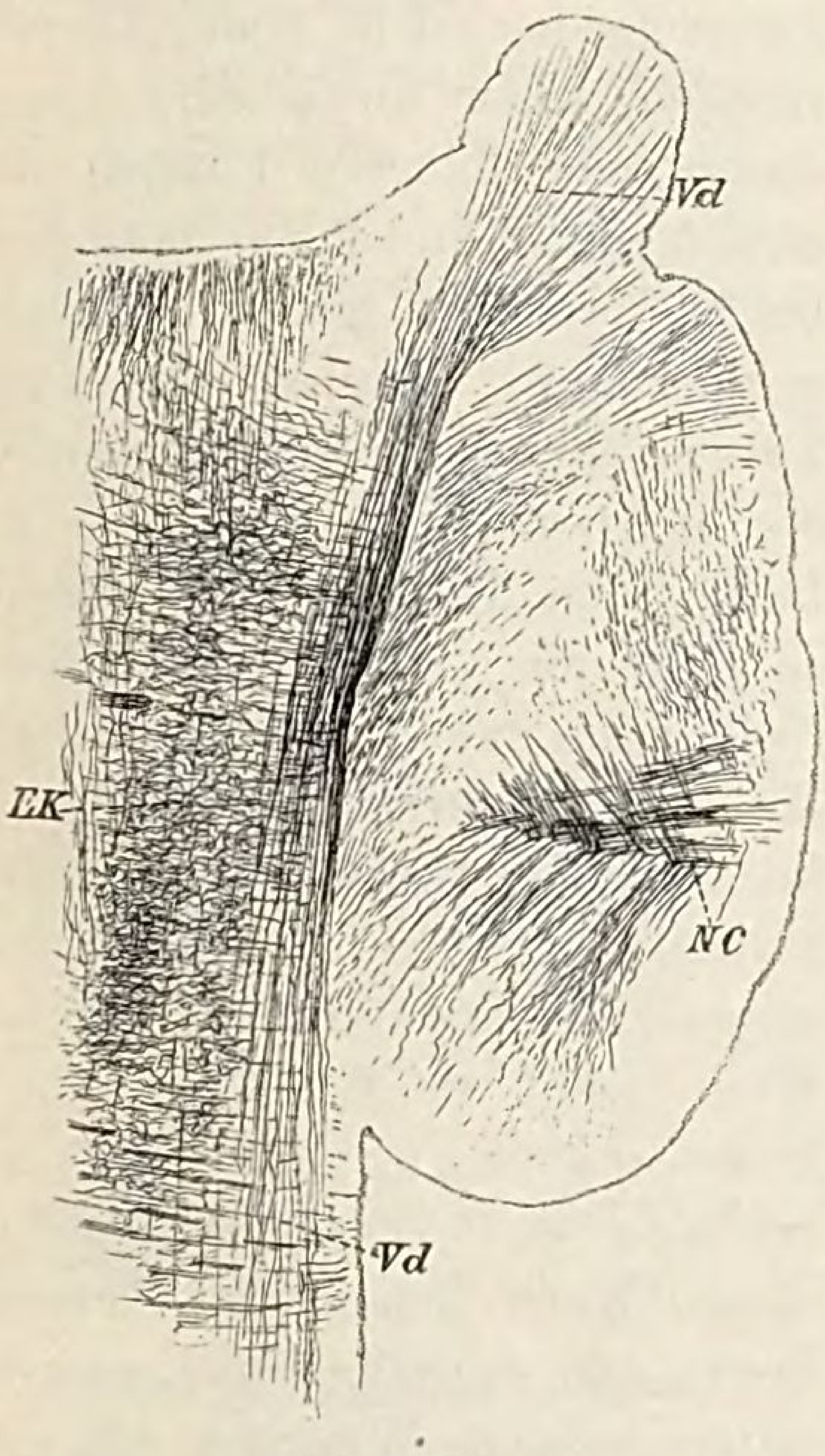


Fig. 474.

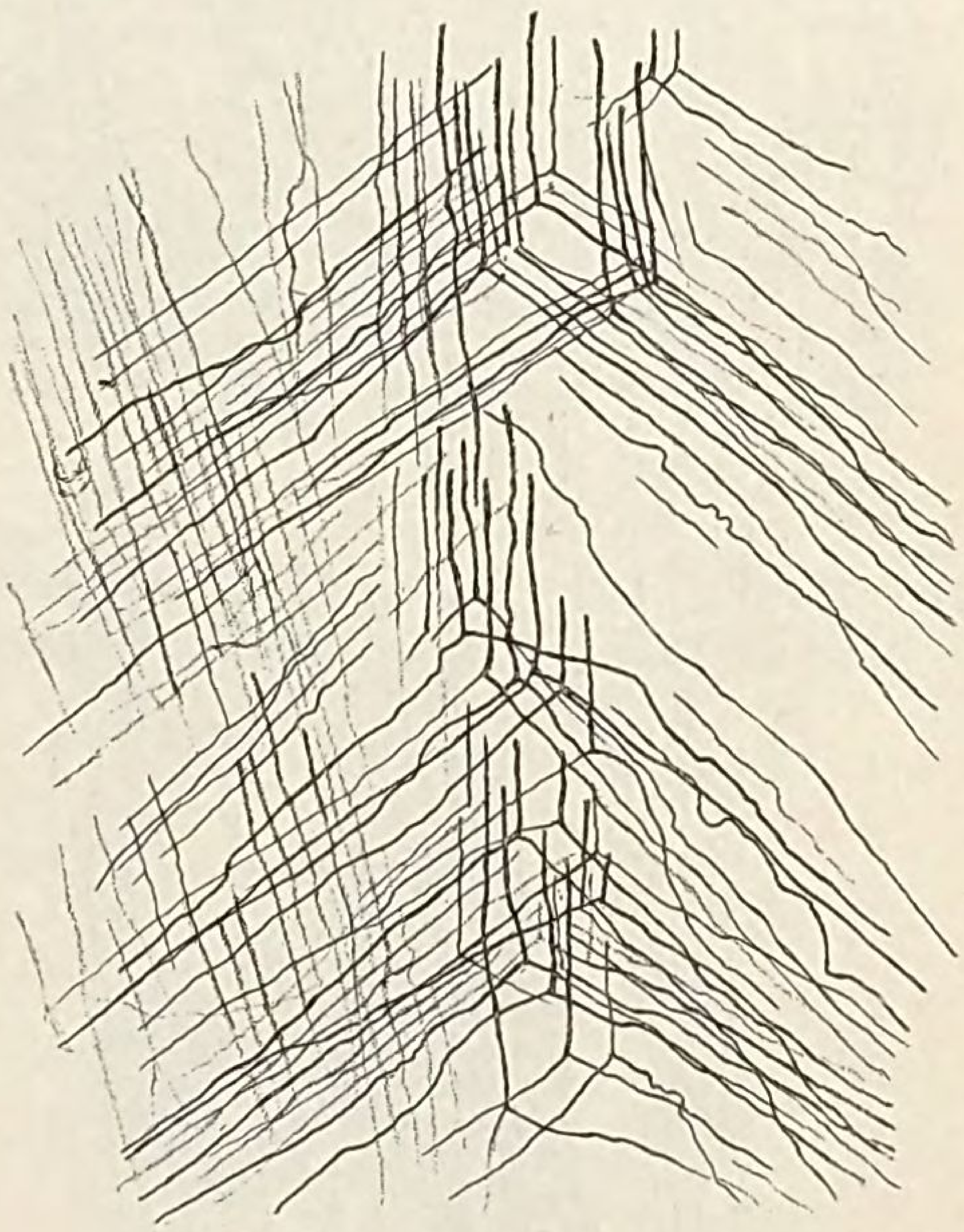


Fig. 475.

weiterdringt und den hier liegenden Bogenfasern sich beigesellt, von denen noch weiter die Rede sein wird.

Der *Nervus vestibuli* dringt weiter cerebralwärts als der Schneckennerv in das Innere des verlängerten Markes und verläuft an der medialen Seite des *Ganglion ventrale* zwischen der aufsteigenden Trigeminuswurzel und dem *Pedunculus cerebelli* oder dem *Corpus restiforme* dorsalwärts, um in der Gegend des früheren *Fasciculus cuneatus* sich zu verlieren. Hier gehen seine Fasern

Fig. 474. Frontalschnitt in der Gegend des *Ganglion ventrale acustici* von einer neugeborenen Katze, geringe Vergrösserung (*Golgi*). *NC Nervus cochleae* mit seinen Theilungen im *Ganglion ventrale*; *Vd* sensible Quintuswurzel; *EK* Endkerne derselben oder *Substantia gelatinosa*.

Fig. 475. Die Theilungsstelle der Fasern des *Nervus cochleae* der vorigen Figur, stärker vergrössert und senkrecht gestellt.

einem Theile nach sich umbiegend in die Bündel der absteigenden Acusticuswurzel von *Roller* über und ziehen in der Längsrichtung distalwärts bis in die Gegend der Schleifenkreuzung. Ein anderer Theil der Faserbündel dringt in den dorsalen Kern und in den *Deiters*'schen Kern ein und löst sich um die Zellen dieser Kerne in letzte Endigungen auf.

In Betreff des feineren Verhaltens der beiden Aeste des Acusticus gewinnt man nur an versilberten Präparaten von Neugeborenen und Embryonen eine volle Einsicht und habe ich bei solchen folgendes ermittelt.

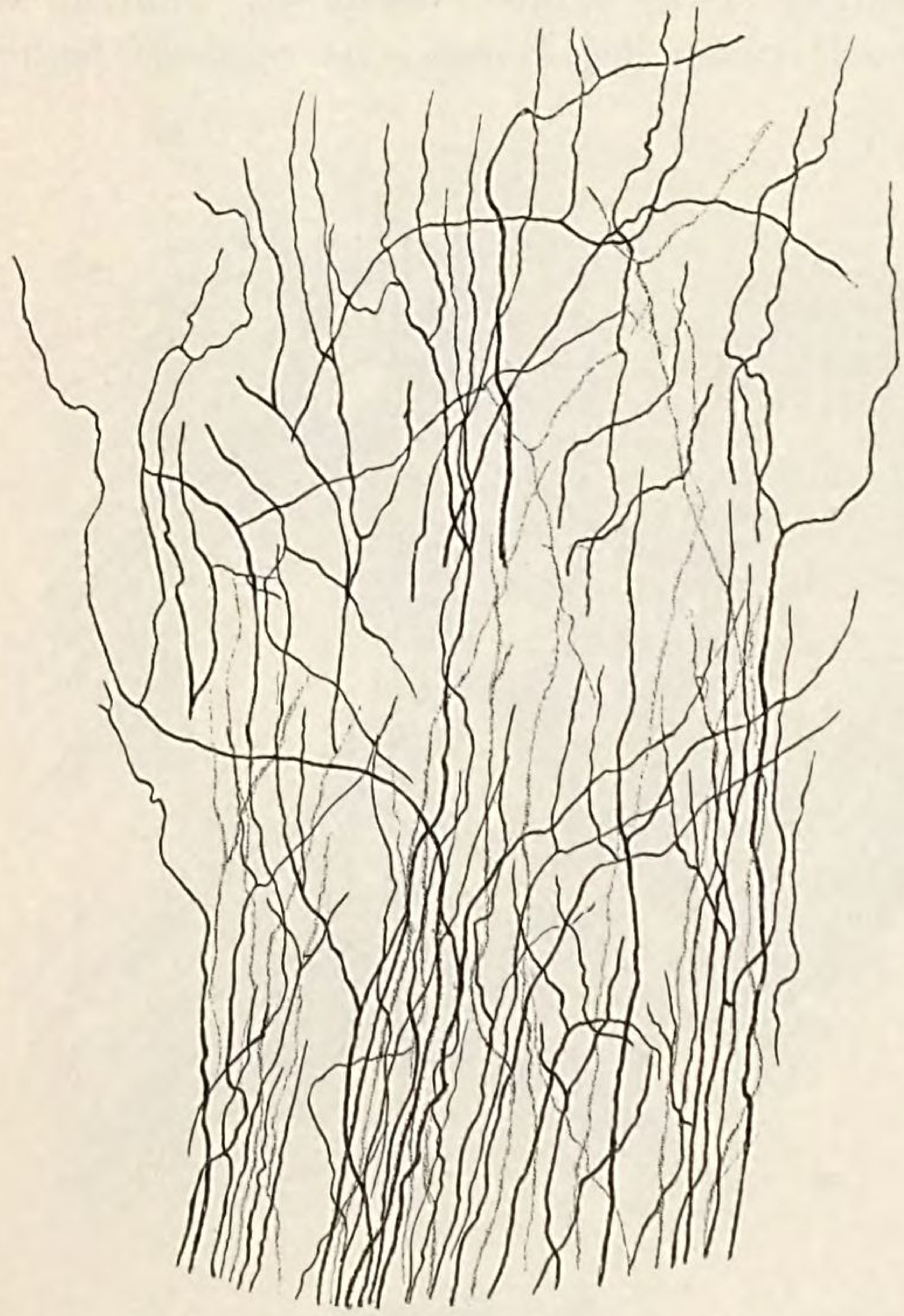


Fig. 476.

Der *Nervus cochleae* unterscheidet sich vom *Nervus vestibuli* ausser durch seine Lage, durch seine feineren Fasern, die zwischen 1,0 und 2,5 μ betragen, ferner, wie hier gleich bemerkt werden kann, dadurch, dass seine Fasern später markhaltig werden als diejenigen des *Nervus vestibuli*. Seine Endigung anlangend so halte ich es für ganz sicher, dass wenn nicht alle, so doch die grosse Mehrzahl seiner Fasern im ventralen Kerne und zwar in beiden Abtheilungen desselben ihr Ende findet, welcher Kern somit als Endkern des Schneckennerven zu bezeichnen ist. Beim Eintritte in diesen Kern gehen die Nervenfasern sehr zierliche Theilungen unter rechten Winkeln ein, so dass der eine Theilungsschenkel hirnwärts, der andere medullarwärts verläuft, von welchen Theilungen die Fig. 474 bei geringer Vergrösserung eine Vorstellung giebt, während in der Fig. 475 ein Theil dieser Elemente bei stärkerer Vergrösserung von einem Frontalschnitte und in Fig. 476 von einem Querschnitte dargestellt ist. Verfolgt man diese Theilungsäste weiter, so findet man, dass dieselben innerhalb des genannten Ganglion unter wiederholten Theilungen in feinste Endbäumchen sich auflösen und die Zellen des Ganglion umspinnen (Fig. 477).

Diese Endbäumchen sind dichter und zierlicher als man dieselben in irgend einem anderen Kerne wahrnimmt, den des Hypoglossus nicht ausgeschlossen, und sieht ein gut versilbertes *Ganglion ventrale acustici* ganz schwarz mit

Fig. 476. Theilungen der Fasern des *Nervus cochleae* der neugeborenen Katze in einem Frontalschnitte. Stärkere Vergrösserung (*Golgi*).

helleren runden Lücken aus, in denen die feinsten reichsten Verästelungen auf den Zellen und um dieselben herum sich finden. Auch an *Weigert'*schen Präparaten von älteren Embryonen und vom Erwachsenen tritt in diesem Kerne eine solche Menge feinster dunkelrandiger Fäserchen auf, dass leicht ersichtlich ist, dass, vielleicht die letzten Enden abgerechnet, die genannten Endigungen aus markhaltigen Fäserchen bestehen.

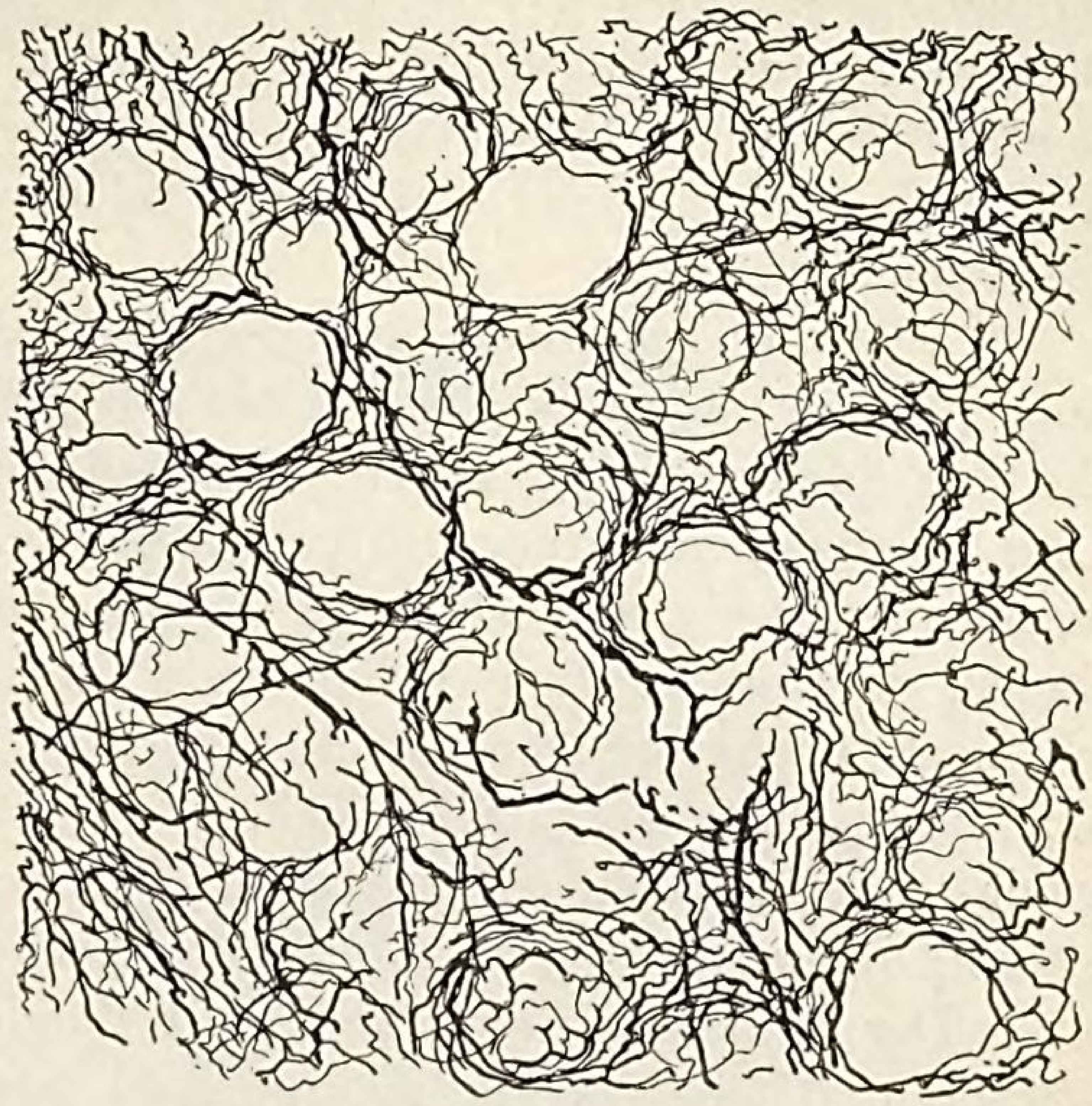


Fig. 477.

Der *Nervus cochleae* endet, ausser im *Nucleus ventralis*, noch in anderen Theilen. Bei neugeborenen Katzen sah ich an *Golgi'*schen Präparaten eine gewisse Zahl von Fasern desselben hart um den Kleinhirnstiel herum dorsalwärts verlaufen (Fig. 478), welche Fasern z. Th. Collateralen mit feinen Endigungen in das *Tuberculum acusticum* abgaben und z. Th., wenigstens die oberflächlichsten in demselben endeten (Fig. 478 *Nc*). Ganz ähnliche direkt vom *N. cochleae* abstammende Fasern zeigen auch menschliche Embryonen und Erwachsene und ist in beiden Fällen nicht daran zu

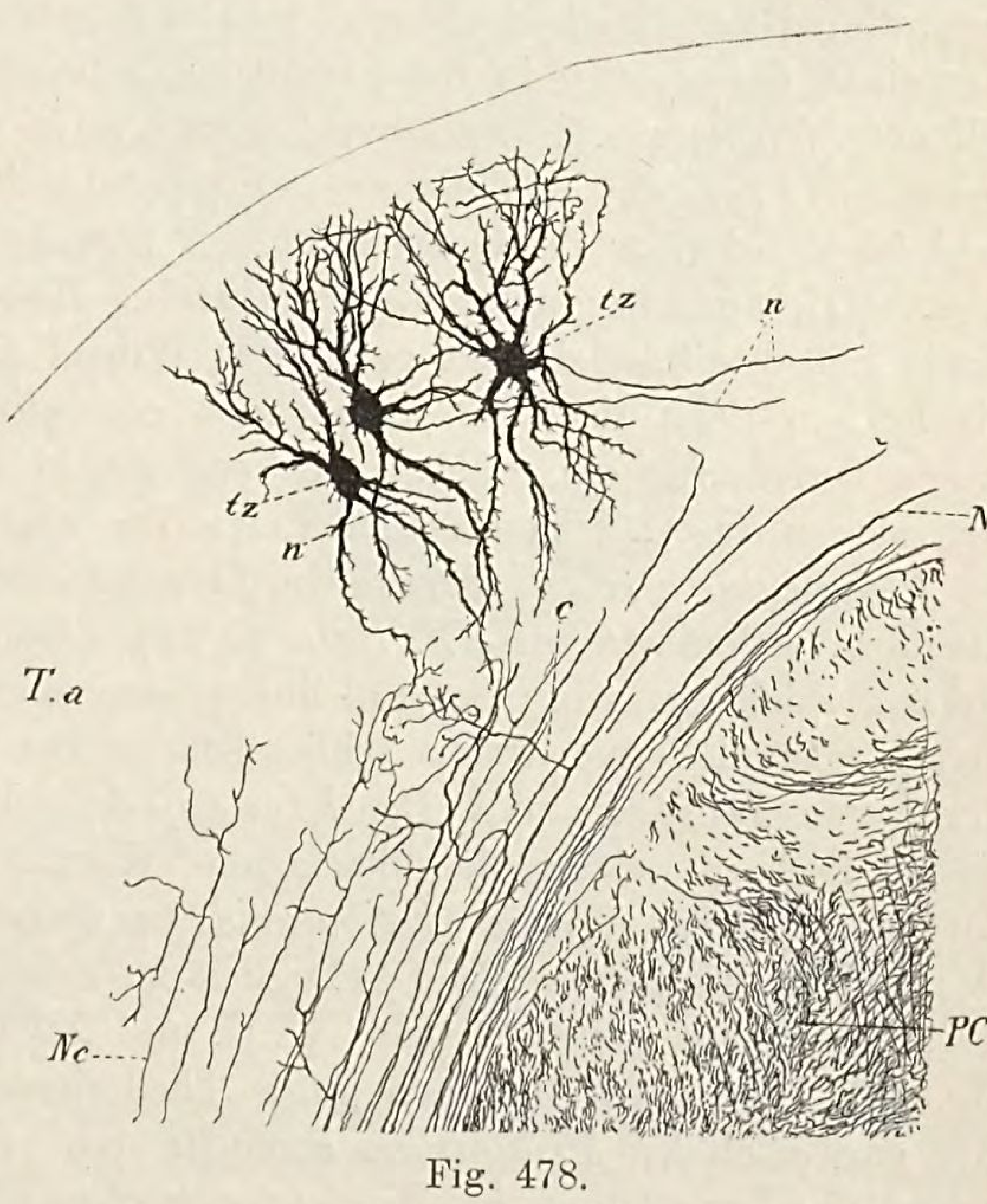


Fig. 478.

Fig. 477. Aus dem *Ganglion ventrale acustici* (grosszelliger Theil) der neugeborenen Katze mit den Endverästelungen des *Nervus cochleae* um die Zellen herum. Methode von *Golgi*. Starke Vergr.

Fig. 478. Theil eines Querschnittes durch den *Pedunculus cerebelli PC* und das *Tuberculum acusticum* einer neugeborenen Katze. Stärkere Vergr. (*Golgi*). *Nc* Fasern des *Nervus cochleae*, die im *Tuberculum acusticum T.a* sich verästeln; *Nc'* Fasern desselben Nerven, die um den Pedunculus herumziehen; *c* Collateralen solcher Fasern; *tz* drei grosse Zellen des Tuberculum; *n* Achsencylinder derselben dorsalwärts gerichtet (Anfänge von Fasern der *Striae acusticae*).

denken, dieselben als *Striae acusticae* zu deuten, welche bei Embryonen zu einer Zeit noch marklos sind, in welcher der *Nervus cochleae* bereits markhaltige Fasern besitzt. An *Golgi*'schen Präparaten kann man überdies sehen, dass die *Striae* nicht direkte Fortsetzungen des *Nervus cochleae* sind, sondern von den Zellen des *Tuberculum acusticum* entspringen (Fig. 478). Das genauere Verhalten dieser *Striae* wird unten bei den Verbindungen des *Acusticus* weiter besprochen werden.

Was nun die Bedeutung der eben erwähnten um den Kleinhirnstiel herumziehenden Fasern betrifft, so bin ich nicht in der Lage, eine bestimmte Ansicht zu äussern. Nach *Held* schliessen sich dieselben der von *Flechsig* und *ihm* sogenannten dorsalen centralen Bahn aus dem ventralen Acusticuskerne an (Archiv von *His* und *Braune* 1891, p. 272), doch kann ich nicht finden, dass er für diese Behauptung einen Beweis erbracht hat, obschon auch ich nach Beobachtungen an älteren menschlichen Embryonen nicht abgeneigt bin, dieser Auffassung beizupflichten. Jedenfalls aber bin ich der Ansicht, dass wenigstens ein Theil der genannten Fasern an der dorsalen lateralen Seite des *Pedunculus cerebelli* in den dorsalsten Theilen des *Tuberculum acusticum* endigt.

Der *Nervus vestibuli*, der durch gröbere Nervenfasern von 2,0—3,0—4,0 μ und früheres Markhaltigwerden beim Embryo sich auszeichnet, zeigt in der Höhe der sensiblen Quintuswurzel und an der dorsalen Seite derselben ebenfalls, wie der *Nervus cochleae,* gabelförmige Theilungen mit zahlreichen Collateralen im Verlaufe der Fasern, die alle seine Elemente zu betreffen scheinen und an Frontalschnitten cerebral- und spinalwärts verlaufen, so dass die Vermuthung berechtigt erscheint, dass die letzteren in die absteigende Wurzel übergehen, die ersteren in die dorsalen Acusticuskerne. An Querschnitten theilt sich der *Nervus vestibularis* meist auch wie in zwei Abtheilungen (Fig. 453), eine mediale, die als kompakter Strang bis in die Nähe der schon früher beschriebenen Felder der Querschnitte der absteigenden Wurzel gelangt (Fig. 449 R. d. VIII, 453 *A a*) und dann in einzelne Bündel auseinander tretend bogenförmig mit den Bündeln der genannten Wurzel sich vereint, und eine laterale. Die letztere liegt dicht am *Pedunculus cerebelli* an und dringt früher als die andere dorsalwärts ein, während sie zugleich in einzelne lange schmale Bündelchen sich zerfasert. Von diesen treten da und dort einzelne oberflächlich in den *Pedunculus cerebelli* ein, welche Elemente offenbar zur Annahme besonderer Kleinhirnvestibularfasern (*Cl. Sala* p. 11) Veranlassung gegeben haben, ohne wirklich solche zu sein (Fig. 453 links), denn dieselben verlaufen wie die anderen lateralen Bündel und treten schliesslich in den *Nucleus dorsalis* und in die Kerne von *Deiters* und *Bechterew* ein. Diese drei Kerne und die zahlreichen Zellen, welche die absteigende Wurzel umgeben, sind somit als die Endkerne des *Nervus vestibularis* anzusehen. Diese absteigende Wurzel ist an Frontalschnitten mit Leichtigkeit zu erkennen und auch von *Bruce* in drei Bildern auf seinen Tafeln XVII und XVIII dargestellt worden. Meine Fig. 479 zeigt ebenfalls einen guten Theil derselben an der medialen Seite des sich entwickelnden *Pedunculus cerebelli* und zwischen beiden graue Massen, welche die Fortsetzung des *Nucleus cuneatus (Nc)* sind.

Was den feineren Bau der Endkerne des *Nervus vestibularis* anlangt, so unterscheiden sich dieselben sehr wesentlich vom Endkerne des *Nervus cochleae,*

dem *Nucleus ventralis,* indem in denselben nur schwache Andeutungen der dichten Endverästelungen sich finden, die wir früher beschrieben haben. Einem guten Theile nach hängt dies offenbar damit zusammen, dass alle Endkerne des *N. vestibularis,* verglichen mit demjenigen des Schneckennerven, einen ganz lockeren Bau besitzen. Während im *Ganglion ventrale,* wie in einem Spinalknoten, Zelle an Zelle liegt, sind in den anderen Kernen die Zellen durch grössere Zwischenräume getrennt, was selbst von den an grossen Zellen reichsten Kernen von *Deiters* und *Bechterew* gilt. Wenn daher selbst im *Nervus vestibularis* die Endbäumchen so reich und fein verzweigt wären, wie im *Nervus cochleae,* so würde das Ganze doch ein anderes Aussehen gewinnen, und da dies nicht einmal der Fall ist, so begreift sich leicht, dass diese Kerne an *Golgi*'schen und *Weigert*'schen Präparaten sehr hell aussehen, jedoch immer noch nicht so hell, wie der Endkern des *Vago-Glossopharyngeus.*

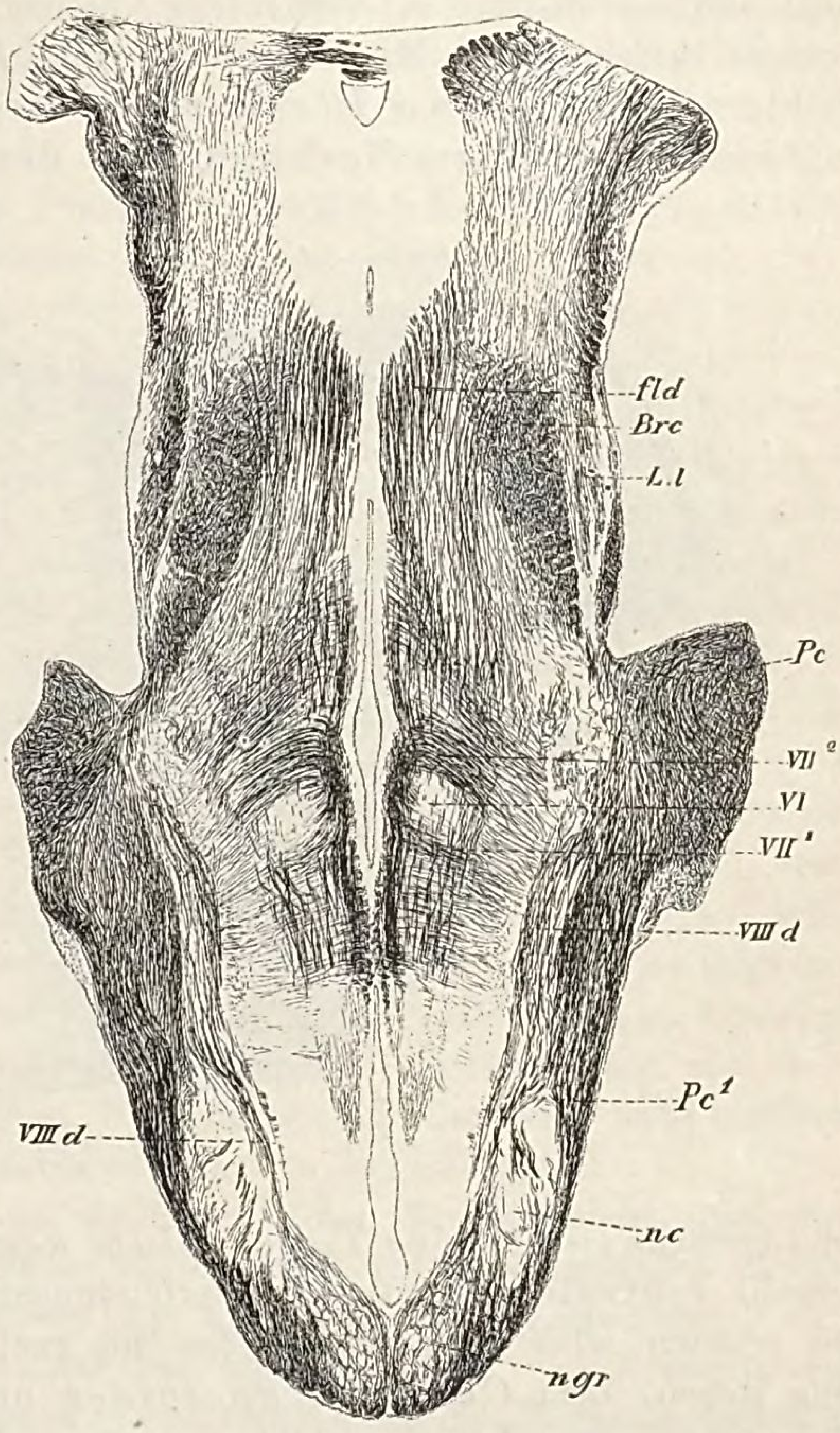


Fig. 479.

Die Nervenzellen dieser Vestibularisendkerne zeigen nichts Auffallendes, abgesehen von der Grösse. An den grösseren Zellen sind die Achsencylinder leicht nachzuweisen, aber nur selten auf grössere Strecken zu verfolgen und ist es daher nicht möglich zu sagen, nach welchen Richtungen etwa die aus denselben sich zusammensetzenden Faserbündel verlaufen. Auch *L. Sala,* der einzige, der bis jetzt diesen nervösen Fortsätzen eine grössere Aufmerksamkeit geschenkt hat, sah dieselben im Allgemeinen nach sehr verschiedenen Richtungen abgehen, jedoch vorwiegend bei den beiden dorsalen

Fig. 479. Frontalschnitt der *Medulla oblongata* des Menschen. Nr. 81, 82 der Serie, zweimal vergrössert (*Weigert*). *ngr Nucleus funiculi gracilis; nc Nucleus fun. cuneati; Pc*¹ distaler Theil des *Pedunculus cerebelli*; *Pc* proximaler Theil desselben; *VIIId* absteigende Vestibulariswurzel; *VI* Abducenskern; *VII*¹ aufsteigende Facialiswurzel durch das innere Knie in *VII*² die austretende Wurzel übergehend; *fld Fasciculus longitudinalis dorsalis*; *Brc Brachium conjunctivum*; *Ll Lemniscus lateralis.*

Kernen mediänwärts. Seitenästchen fehlen gewöhnlich an diesen Fortsätzen; ich sah bis anhin keine solche und *Sala* nur sehr selten.

Von den Verbindungen des *Nervus acusticus* mit anderen Theilen des centralen Nervensystems erwähne ich zuerst diejenigen des *Nervus cochleae*. Dieser Nerv, der allein der eigentlichen Funktion des Hörens dient, steht in letzter Linie wesentlich mit den distalen Vierhügeln und dem *Corpus geniculatum mediale* in Verbindung, besitzt aber ausserdem noch mannigfache andere Beziehungen. Mit *Flechsig* und *Held*, welcher letztere diese Verhältnisse im Sinne von *Flechsig* am sorgfältigsten dargestellt hat (l. s. c.), unterscheide ich erstens Verbindungen des ventralen Acusticuskernes

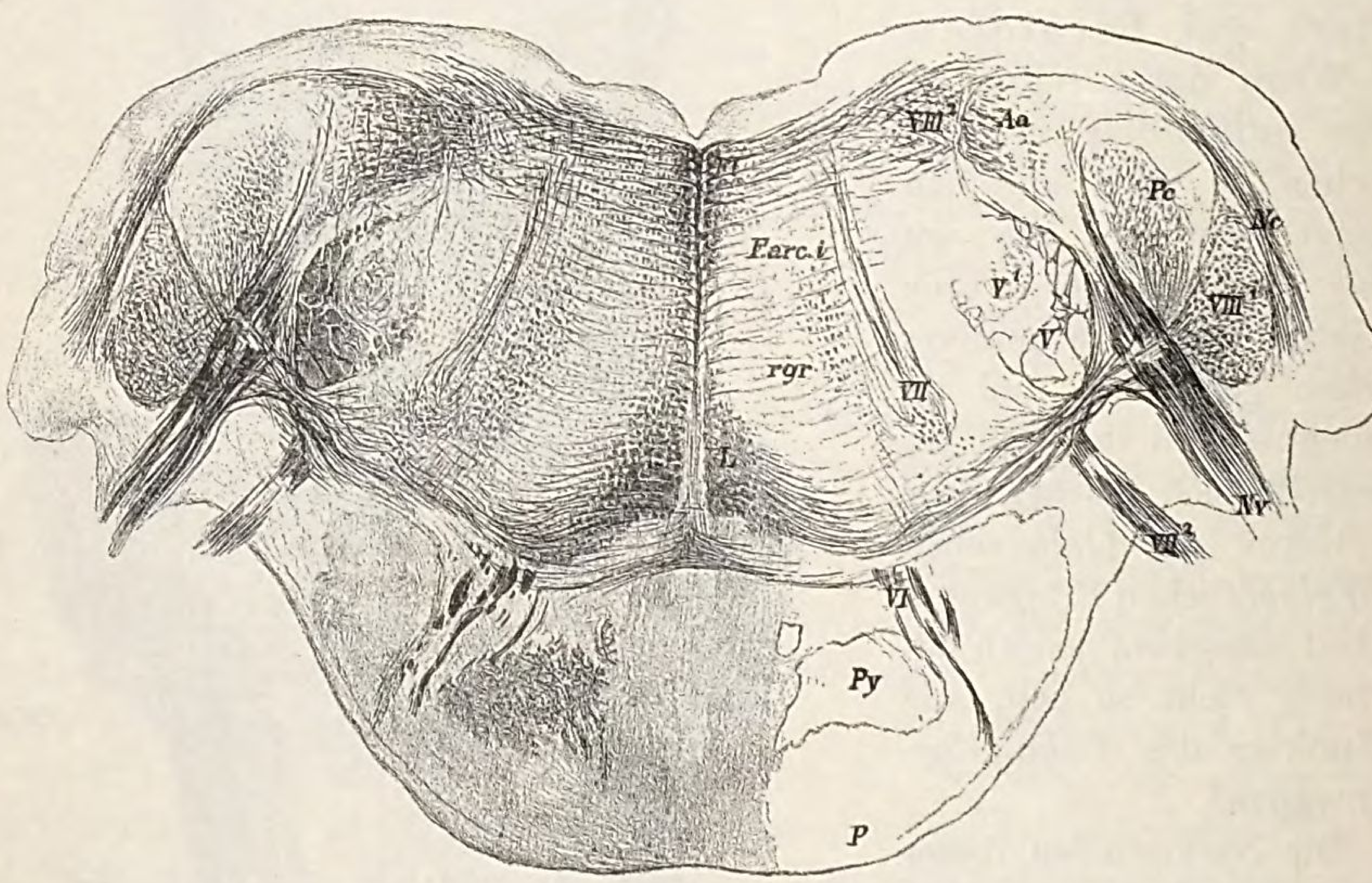


Fig. 480.

und zweitens solche des *Tuberculum acusticum*. Beide diese Kerne geben sowohl ventrale als dorsale Verbindungsfasern ab, von denen namentlich die ersteren, aber auch die letzteren mit zwei besonderen Gebilden in Verbindung stehen, dem *Corpus trapezoides* und der kleinen (oberen) Olive, die nun in erster Linie geschildert werden müssen.

Das *Corpus trapezoideum* oder *trapezoides* ist bei vielen Säugern sehr entwickelt, und stellt ein besonderes am spinalen Rande der Brücke zu beiden Seiten der Pyramiden frei liegendes System von Querfasern dar. Beim

Fig. 480. Querschnitt durch den distalen Theil der Brücke eines Fötus von acht Monaten, *Pal*'sche Färbung. Vergr. 6 : 1. Nr. 143. *P* Oberflächliche Brückenfasern marklos; *Py* Pyramiden marklos; *VIII*¹ *Ganglion ventrale acustici*, aus welchem das markhaltige Trapezium entspringt; *VIII*² *Ganglion dorsale acustici*; *Nv Nervus vestibuli*; *VII*² austretende Facialiswurzel; *VII* Facialiskern mit dem ersten Abschnitte der Wurzel; *VI* Abducenswurzeln; *L Lemniscus*, Schleifenschicht; *Fl Fasciculus longitudinalis*; *F.arc.i Fibrae arcuatae internae*; *Nc Nervus cochleae*; *Pc Pedunculus cerebelli*; *Aa* spinale Acusticuswurzel; *rgr Substantia reticularis grisea*; *V* spinale Trigeminuswurzel; *V*¹ *Subst. gelatinosa*.

Menschen findet sich dieses System ebenfalls ganz gut ausgebildet, jedoch tief im Innern des distalen Theiles der Brücke gelegen (Fig. 452, 454 bei *Lm*) und kommt daher neben den tiefen Querfasern der Brücke nicht leicht zu voller Anschauung. Anders bei Embryonen, bei denen seine Elemente früher mit Mark sich umhüllen, als die Brückenfasern (Figg. 453, 455 *tr*, Figg. 456, 483 *Tr*). An solchen Präparaten ergiebt sich dann, dass die an die *Medulla oblongata* angrenzende Brückengegend auf Querschnitten aus zwei scharf getrennten Abschnitten besteht, von denen der dorsale, viele markhaltige Fasern enthaltende, der späteren Haubengegend oder dem *Tegmentum* entspricht, der ventrale dagegen die Gesammtheit der Querfasern der Brücke mit den Brückenkernen und die Fortsetzungen der Pyramiden enthält. An der Grenze beider Abschnitte liegt nun eben das *Corpus trapezoides* (nicht zu verwechseln mit dem *Corpus trapezoides cerebelli* gewisser Autoren oder der Hauptmasse weisser Substanz im *Arbor vitae* des *Vermis*), welches auf den ersten Blick eine Verbindung der beiden *Ganglia ventralia* des Acusticus, wie eine Art bogenförmiger Kommissur derselben darstellt, welche, die *Nervi vestibulares, Faciales* und *Abducentes* kreuzend, mit zierlichen wellenförmigen Biegungen an der ventralen Seite des *Corpus restiforme*, der aufsteigenden Quintuswurzel, des *Facialis ganglion* und der kleinen Olive verläuft, welche letztere zum Theil von den Fasern desselben wie umhüllt und durchzogen wird. Jenseits dieser Olive, zwischen ihr und den Abducenswurzeln, liegt an der ventralen medialen Seite der Olive zwischen den Fasern des *Corpus trapezoides* eine Ansammlung von Nervenzellen, der Trapezkern, *Nucleus trapezoides*, der bei Säugern besser entwickelt ist, als beim Menschen, und von hier an verbreitert sich dann das *Corpus trapezoides* gegen die sagittale Mittelebene der Brücke zu ganz auffallend, um endlich in der Gegend der *Raphe* mit den Elementen des Organes der anderen Seite unter spitzen dorsalwärts gerichteten Winkeln sich zu kreuzen. Das *Corpus trapezoides* enthält in seinem Verlaufe, abgesehen von den dasselbe kreuzenden Wurzeln der oben bezeichneten Hirnnerven, noch andere Nervenfasern, unter denen die Bemerkenswerthesten folgende sind:

1. Längsfasern, welche in zierlicher Weise den medialsten dicksten Theil des Organes durchziehen. Dieser Theil besteht in seinem grössten Theile aus regelmässig abwechselnden Blättern von Querfasern und Längsfasern, von denen viele so dünn sind, dass sie nur aus wenigen Lagen von Nervenfasern bestehen. Die betreffenden Längsfasern sind offenbar die Fortsetzungen der früheren Olivenzwischenschicht oder des Theiles der *Substantia reticularis alba*, welche später in die mediale Schleife übergeht.

2. Radiäre Fasern, welche, an der ventralen Seite der kleinen Olive gelegen, in dieselbe eintreten. (S. unten.)

3. Besondere von den Zellen des *Nucleus trapezoides* entspringende Fasern, von denen sofort weiter die Rede sein soll.

Fragen wir nun nach der Herkunft der Querfasern des *Corpus trapezoides*, so ergeben sich mehrere Quellen für dieselben.

Ganz sicher ist, dass die grosse Mehrzahl der Fasern desselben von den Zellen des *Ganglion ventrale* des Acusticus entspringt, und lassen sich dieselben bei Säugern (Katze, Kaninchen) von der medialen Seite her mit Leichtigkeit in das Ganglion hinein verfolgen. Hierbei löst sich die

kompakte Trapezfaserung nach und nach so auf, dass dieselbe in eine grosse Zahl kleiner Bündelchen übergeht, welche endlich sich zerfasernd zwischen den Zellen des Ganglion sich verlieren. Diese Bündelchen sind für dieses Ganglion, wie ich finde, ganz charakteristisch und ist sonst nirgends etwas ähnliches zu finden. Was nun das Verhalten der Nervenzellen anlangt, so ist an *Golgi*'schen Präparaten nicht schwer zu sehen (Fig. 481), dass dieselben alle multipolar sind und einen typischen Achsencylinderfortsatz besitzen, der meist medianwärts in der Richtung auf das *Corpus trapezoideum* abgeht. Sehr bemerkenswerth sind die Dendriten dieser Zellen durch ihre reiche und feine Verästelung und erinnern dieselben in dieser Beziehung ganz an diejenigen der grossen und kleinen Olive. In manchen Fällen sind auch die Stämme und Aeste derselben wie mit Dornen besetzt. Manche Dendritenbüschel sind ganz kurz, wie die von *Held* abgebildeten (l. c. Fig. 5), andere trotz sehr reicher und verwickelter Verästelung länger, noch andere allerdings auch sehr langstämmig. Die Achsencylinder gehen ausser nach der medialen Seite nicht selten auch dorsalwärts oder lateralwärts ab. Von der Zelle aus sind dieselben nur selten weiter zu verfolgen, dagegen sind fast in jedem Ganglion ganze Bündel von Achsencylindern ohne Verbindung mit ihren Zellen zu sehen, wie solche ja im Rückenmarke so häufig zur Anschauung kommen (s. Fig. 388) und an diesen erkennt man dann leicht, dass dieselben keine Collateralen abgeben.

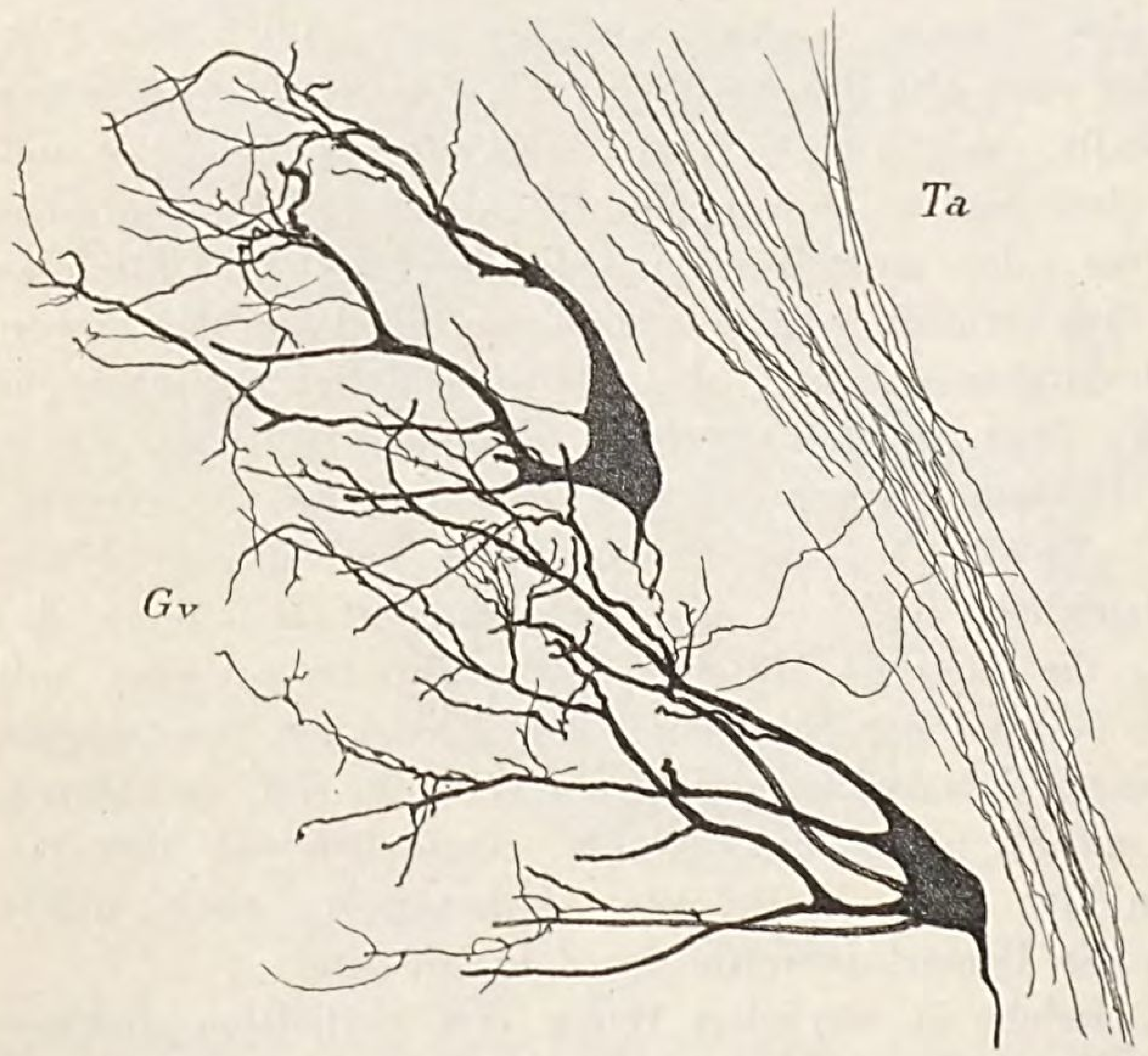


Fig. 481.

Bei der ungemein reichen Endverästelung der Dendriten dieser Zellen und den nicht minder gut verzweigten Endigungen des *Nervus cochleae* begreift sich leicht, dass das *Ganglion ventrale acustici*, wie oben schon hervorgehoben wurde, an *Golgi*'schen Präparaten mit einem reicheren und dunkleren feinen Fasernetz gefunden wird, als irgend ein anderes Ganglion und möchte

Fig. 481. Zwei Zellen des *Ganglion ventrale acustici* einer Katze von 11 Tagen. Präp. Nr. 2 (*Golgi*). *Gv Ganglion ventrale*; *Ta Tuberculum acusticum*, zwischen beiden ein Bündel der *Nervus cochleae*. Die Achsencylinder der zwei Zellen laufen ventral- und medianwärts. Starke Vergr.

wohl die reiche Verästelung der Dendriten und das mannigfache Ineinandergreifen derselben mit den Nervenenden nicht ohne physiologische Bedeutung sein.

Ein zweiter Theil der Trapezfasern entspringt im *Tuberculum acusticum,* doch war es mir bis jetzt nicht möglich, diesen Antheil genauer zu bestimmen. Die kleineren und grösseren Zellen des *Tuberculum* besitzen zum Theil medianwärts gerichtete Achsencylinder und dringen auch in dieses Ganglion kleine Bündel von Trapezfasern hinein, wie beim *Ganglion ventrale,* immerhin ist die Zahl dieser Bündel lange nicht mit der zu vergleichen, die aus dem *Ganglion ventrale* kommt.

Hier ist nun auch der Ort der merkwürdigen Angaben von *L. Sala* kurz zu gedenken, denen zu Folge das *Ganglion ventrale acustici* den Bau eines *Ganglion spinale* haben und die Zellen desselben einfache Achsencylinder abgeben sollen, die wie die T-fasern in zwei Aeste sich theilen. Hiergegen habe ich zu bemerken, dass ich bisher in diesem Ganglion in allen Fällen, in denen Zellen gefärbt waren, nur multipolare solche Elemente sah, die *Sala* gar nicht erwähnt. Da jedoch nie in einem *Golgi*'schen Präparate alle Zellen gefärbt gefunden werden, so ist die Möglichkeit vorhanden, dass neben den multipolaren Zellen auch unipolare sich finden, und will ich daher für einmal über die Angaben von *Sala* den Stab nicht brechen und weitere Aufschlüsse abwarten.

Eine zweite bis jetzt, ausser durch *Held* (l. c. S. 36), noch gar nicht gewürdigte Herkunftsstelle von Trapezfasern ist der *Nucleus trapezoides.* An *Golgi*'schen Präparaten von jungen Geschöpfen lässt sich leicht nachweisen, dass die nervösen Fortsätze der Trapezzellen alle ventralwärts verlaufen, und dann unter rechten oder stumpfen Winkeln umbiegend, den Querfasern des Trapezkörpers sich anschliessen und mit denselben theils mediantheils lateralwärts verlaufen. Was schliesslich aus diesen Fasern wird, ist nicht leicht zu sagen. Ich beobachtete an *Golgi*'schen Präparaten von neugeborenen Katzen solche, die in die Olive derselben Seite eingingen, und andere, die die *Raphe* überschreitend auf die andere Seite traten. Am auffallendsten aber waren mir bei einem menschlichen Embryo von 8 Monaten solche Trapezfasern, die neben der *Raphe* zu Längsfasern sich gestalteten und den hier liegenden Schleifenfasern sich anschlossen. *Held* beschreibt Achsencylinder von Trapezzellen, welche lateralwärts verliefen, von denen er annimmt, dass sie in den ventralen Acusticuskern eindringen. Die von ihm gegebene Abbildung (l. c. Fig. 11) rechtfertigt jedoch einen solchen Schluss keineswegs und handelte es sich wohl einfach um eine Faser, die in die Olive derselben Seite ging, wie ich solche eben erwähnte. Diese Trapezzellen sind spindel- oder kegelförmige multipolare Zellen, bei neugeborenen Katzen und Kaninchen von 20—30 μ Grösse, die an versilberten Präparaten oft sehr sonderbare Formen darbieten, wie wenn ihr Achsencylinder am Zellenkörper in eine dichte Verästelung ausginge, so dass oft Bildungen entstehen, die eine gewisse Aehnlichkeit mit den Körben um die *Purkinje*'schen Zellen darbieten. Aehnliches, wenn auch nicht ganz gleiches, zeigen nicht selten auch die kleineren Zellen das *Tuberculum acusticum* und bin ich schliesslich zur Ueberzeugung gelangt, dass es sich bei diesen Bildungen um Kunstprodukte handelt. Dagegen

möchte ich etwas anderes für natürlich halten und zwar, die Dicke der Achsencylinder dieser Zellen, die 2,0—2,5 μ und darüber beträgt.

Auf eine dritte, ebenfalls noch nicht bekannt gewesene Quelle von Trapezfasern haben *Flechsig* und *Held* zuerst das Augenmerk gerichtet. Nach *Held*, der von dieser Bahn zuerst eine genaue Beschreibung und Abbildungen gegeben hat (Archiv von *His* und *Braune* 1891), zieht aus dem ventralen Acusticuskern ein Faserbündel, das in diesem Kern entspringt und dem sich die oben (S. 256) erwähnten durchgehenden Fasern des *Nervus cochleae* anschliessen, lateralwärts um den *Pedunculus cerebelli* herum, umschlingt denselben an seinem dorsalen Rande und läuft dann an seiner medialen Fläche gegen die sensible Quintuswurzel wieder ventralwärts, zieht durch dieselbe und ihren Endkern durch und endet vor allem im Facialiskern und in der kleinen Olive. Dieses Faserbündel, welche sich das dorsale Trapezbündel nennen will, wurde von ihm bei der Katze (l. c. Taf. XVI, Fig. 1 und 2) und Ratte (Abh. der sächs. Ges. d. Wiss. 1892, Nr. VI, Taf. I, Fig. 2) beobachtet. Ich finde dasselbe ausser bei der Katze auch sehr deutlich beim Kaninchen und glaube auch beim Menschen für dessen Anwesenheit einstehen zu können. Beim Kaninchen stellt die Fig. 482 den Hauptverlauf des fraglichen Bündels dar, und ergiebt sich in dieser Beziehung folgendes: An der lateralen Seite des *Pedunculus cerebelli* stellt dasselbe ein kompaktes Bündel dar, entbündelt sich dann aber wasserstrahlartig am dorsalen Rande desselben und tritt mit vielen kleinen Bündelchen durch den *Deiters*'schen Kern. Hierauf zieht dasselbe zwischen dem Pedunculus und der absteigenden Acusticuswurzel in die sensible Quintuswurzel und die *Substantia gelatinosa* hinein, um endlich den Facialiskern zu erreichen, in welchem in diesem Schnitte das *Held*'sche Bündel sein Ende zu erreichen scheint. In diesem ganzen Verlaufe von der Umbiegung

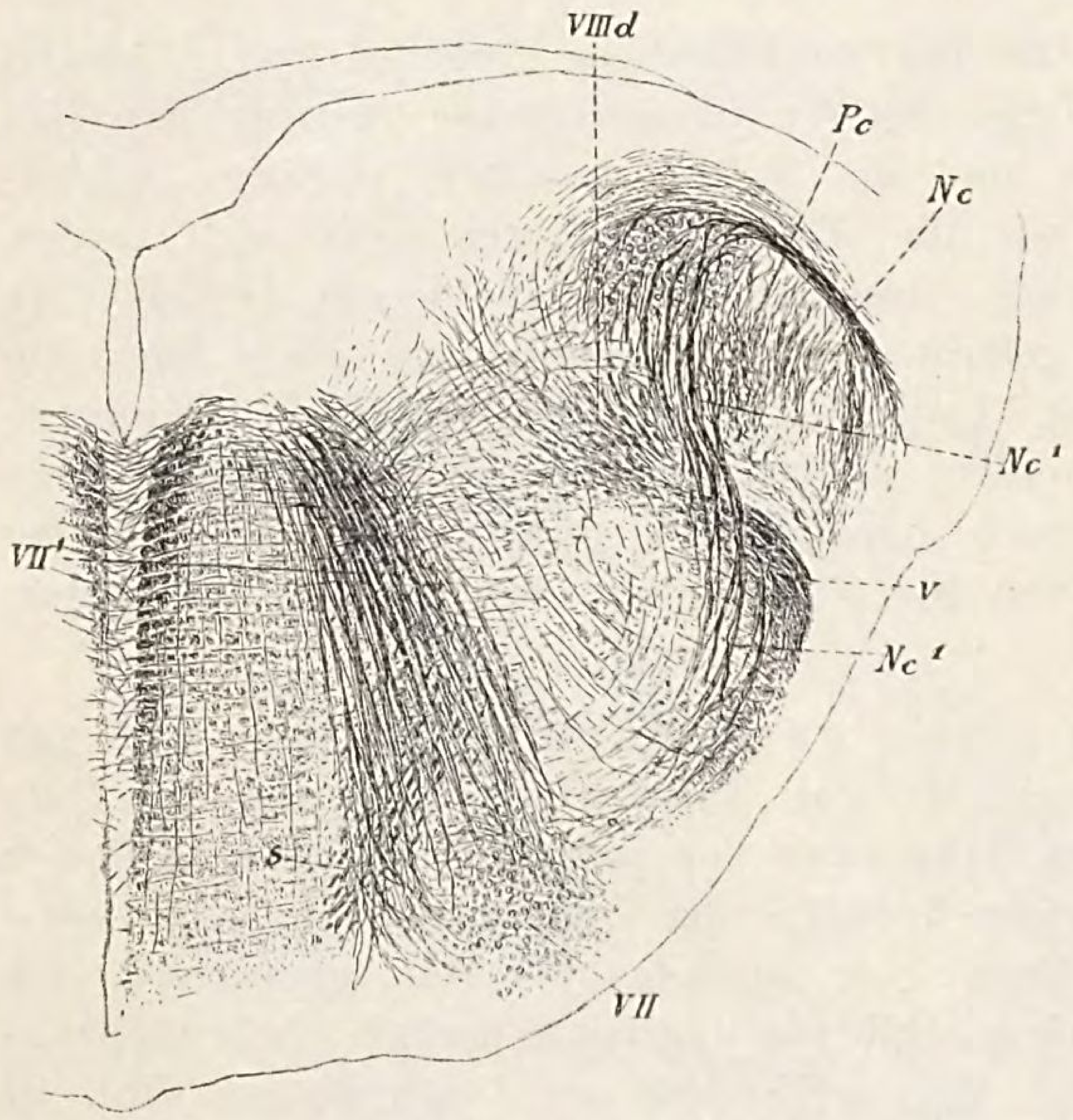


Fig. 482.

Fig. 482. Querschnitt der *Medulla oblongata* eines neugebornen Kaninchens in der Gegend der Facialiswurzel Natürl. Grösse 5,70 : 3,0 mm (*Weigert*). *VII* Facialiskern; *VII*[1] aufsteigende Wurzel des Facialis; *V* sensible Quintuswurzel; *Pc Pedunculus cerebelli*; *Nc* centrale dorsale Bahn aus dem ventralen Acusticuskern (*Held*'sches Bündel); *Nc*[1] umgebogene ventralwärts durch den V. Endkern verlaufende und bis zum Facialiskern zu verfolgende Ausläufer desselben; *VIIId* absteigende Vertibulariswurzel; *S* aus der Gegend des *Deiters*'schen Kernes zum Seitenstrange ziehendes Bündel.

an ist das Bündel S-förmig gebogen und zerfasert sich immer mehr, so dass die letzten Ausläufer desselben nur noch aus wenigen Fasern bestehen. So tritt dasselbe schliesslich in höheren Schnitten auch an die kleine Olive heran und verliert sich zuletzt zum Theil in dieser, zum Theil geht dasselbe an der dorsalen Seite der Olive in die dorsalen Querfasern des Trapezium über und setzt sich mit diesen bis zur *Raphe* fort. Ob die Fasern dieses dorsalen Trapezbündels im Facialiskerne enden, ist zweifelhaft, wahrscheinlicher ist es, dass dieselben der gleichseitigen kleinen Olive und derjenigen der anderen Seite angehören. Beim Menschen finde ich an *Weigert*'schen Präparaten von 6, 7 und 8 Monate alten Embryonen unzweifelhafte Andeutungen des dorsalen Trapezbündels, doch ist dasselbe viel weniger entwickelt, als bei den genannten Thieren. Dasselbe bildet jedenfalls keinen kompakten dickeren Strang, sondern besteht nur aus vereinzelten dünneren Bündelchen, die theils um das dorsale Ende des *Pedunculus cerebelli* sich herumbiegen, theils auch durch den dorsalen Theil desselben hindurchtreten. Im weiteren Verlaufe findet man diese Bündelchen in distalen Schnitten, die noch das proximale Ende der grossen Olive treffen, zwischen dem Kleinhirnstiel und der sensiblen Quintuswurzel, worauf dieselben dann den aus dem ventralen Acusticuskern kommenden Trapezfasern sich anschliessen. Weiter gegen das Gehirn zu, in der Höhe des Facialiskernes und dann der kleinen Olive verlaufen dieselben mitten durch die sensible Quintuswurzel und dringen wie bei Thieren schliesslich bis zum Facialiskerne und zur kleinen Olive.

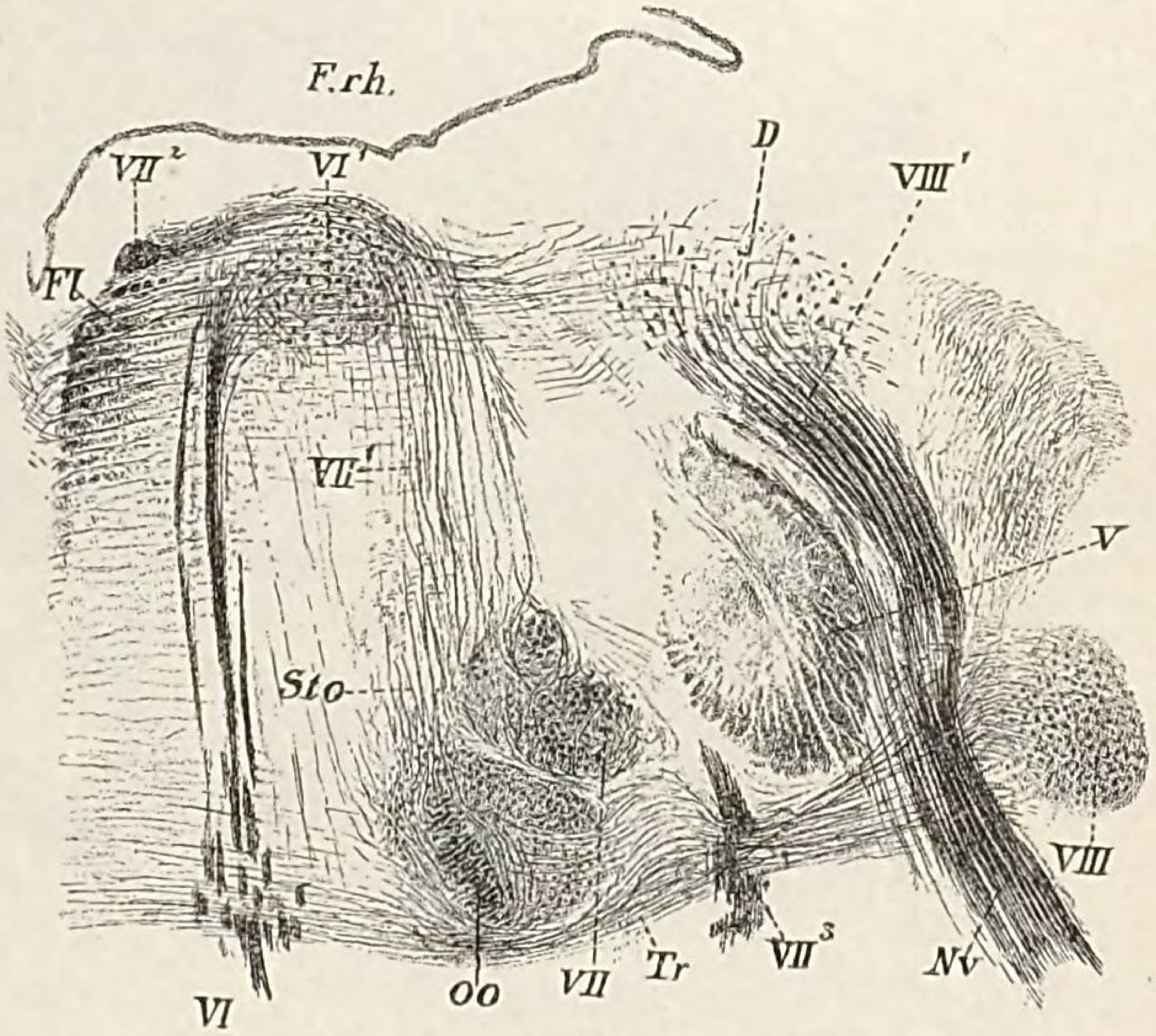


Fig. 483.

Die kleine Olive (die obere Olive der Autoren) von *Clarke*, *Schröder v. d. Kolk*, und *Dean* zuerst beschrieben, zeigt beim Menschen eine viel geringere Entwicklung als bei Säugern und stellt einen aus grauer

Fig. 483. Querschnitt durch die Haube der *Medulla oblongata* eines Embryo von 6 Monaten (*Weigert*), Nr. 91, 13 mal vergrössert. *VI* Abducens; *VI'* Abducens Kern; *Oo* kleine Olive; *Tr* Trapezium; *Sto* Stiel der Olive; *VII* Fac.-Kern; VII^1 innere Fac.-Wurzel; VII^2 Fac.-Knie; VII^3 austretende Fac.-Wurzel; *VIII G. laterale VIII*; *Nv N. vestibuli*; *VIII'* absteigende Acusticuswurzel; *D Deiters*'sche Zellen; *Fl Fasc. longitudinalis dorsalis*; *F.rh* Rautengrube.

Substanz bestehenden annähernd cylindrischen Strang dar (Fig. 483), der in der Gegend der cerebralen Hälfte des Facialiskernes beginnt und diesen Kern um mehr als die Hälfte seiner Länge überragt. In der Regel lässt dieser graue Kern an Querschnitten mehr oder weniger deutlich drei Abschnitte erkennen, einen grösseren medialen, mehr bandförmigen Theil und zwei laterale ventrale

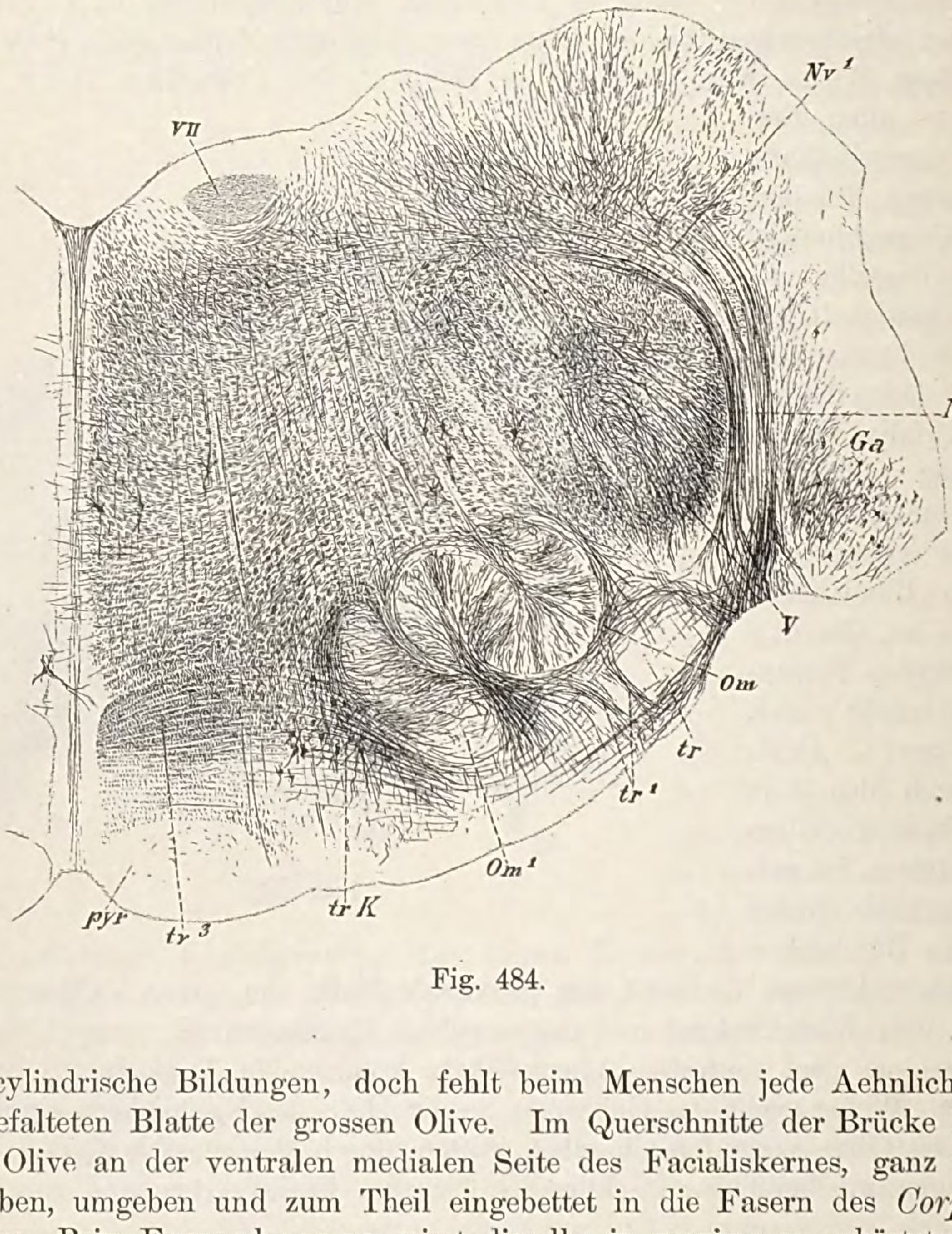


Fig. 484.

mehr cylindrische Bildungen, doch fehlt beim Menschen jede Aehnlichkeit mit dem gefalteten Blatte der grossen Olive. Im Querschnitte der Brücke liegt die kleine Olive an der ventralen medialen Seite des Facialiskernes, ganz nahe an demselben, umgeben und zum Theil eingebettet in die Fasern des *Corpus trapezoides*. Beim Erwachsenen misst dieselbe in maximo an erhärteten Präparaten 4—5 mm in der Länge und 2,85 mm im *Diameter dorso-ventralis* und

Fig. 484. Querschnitt durch die *Medulla oblongata* der neugeborenen Katze mit der kleinen Olive. Nr. 17, etwa 18mal vergrössert (*Golgi*). *Pyr* Pyramide; *VII* Querschnitt des Facialis; *Ga Ganglion ventrale acustici*; *Nv Nervus vestibuli*; *Nv*¹ Uebergang desselben in die *Radix descendens* und die dorsalen Kerne; *V Quintus, Radix sensibilis*; *Om* lateraler S-förmig gekrümmter Theil der *Oliva minor*; *Om*¹ medialer Lappen derselben; *tr* Trapezfasern; *tr*¹ Eintritt von Collateralen derselben in die Olive; *trK* Trapezkern; *tr*³ medialer Theil des *Corpus trapezoides*.

bei achtmonatlichen Embryonen betrugen die Maasse in allen Richtungen 1,4 bis 2,0 mm.

Eine genauere Einsicht in die Verhältnisse dieser Olive gewinnt man bei Säugethieren, bei denen dieses Organ viel besser ausgebildet ist, als beim Menschen *(Clarke, Schröder v. d. Kolk, Spitzka)*. Bei der Katze besteht dieselbe aus zwei getrennten Abschnitten, einem medialen bandförmigen, nach der lateralen Seite leicht konkaven dickeren Abschnitte und einem lateralen stark **S**-förmig gekrümmten Theile mit zwei hilusähnlichen Spalten (Fig. 484) und drei Schenkeln. Noch verwickelter ist der Bau beim Kaninchen, bei welchem der gebogene Theil 4—5 Schenkel und 3—4 hilusähnliche Spalten besitzt. Beim Hunde besteht diese Olive aus zwei durch Nervenfasern getrennten Abtheilungen, bei den Cetaceen ist dieselbe nach *Spitzka* sehr gross.

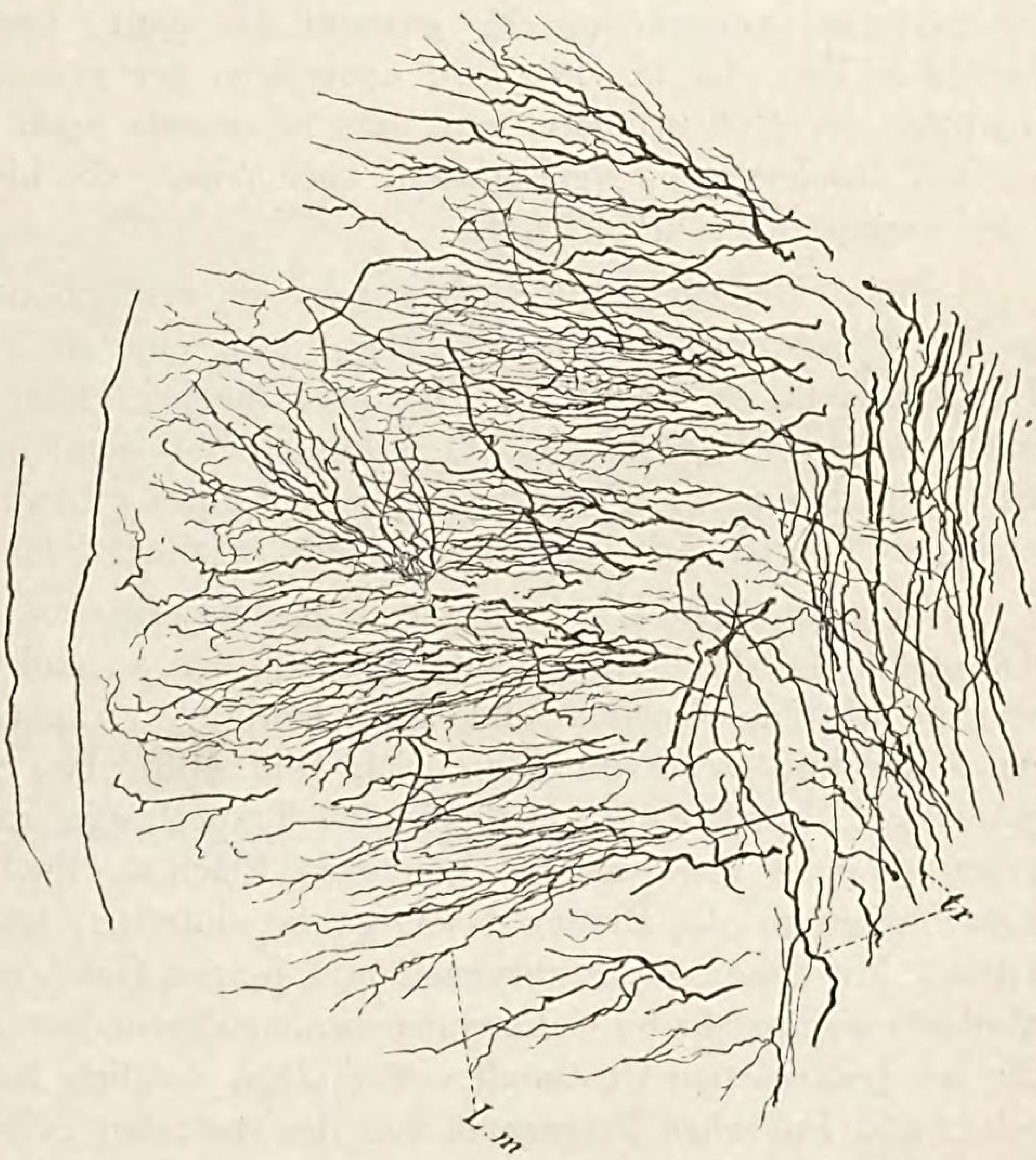


Fig. 485.

Mag nun diese Olive einfacher oder zusammengesetzter erscheinen, so besitzt dieselbe beim Menschen und bei Thieren, wie *Golgi*'sche Präparate von jungen Geschöpfen lehren, wesentlich denselben Bau und besteht, abgesehen von Gliazellen, wesentlich aus zwei Elementen, einmal Nervenzellen und zweitens in das Organ eindringenden und innerhalb seiner Blätter sich fein verästelnden Nervenfasern. Die Nervenzellen folgen im Allgemeinen dem Typus derer der grossen Olive und des *Nucleus dentatus cerebelli* und sind vorwiegend birn-, kolben- und spindelförmig von 26—30—40 μ Grösse, mit einfachem Achsencylinderfortsatze und reich verästelten Protoplasmafortsätzen. Dieselben stehen in den Lamellen des Organs so angeordnet, dass sie in der Richtung der Dicke derselben in Reihen von 3—5 Zellen stehen. Bei den

Fig. 485. Ein Theil des medialen Lappens *Lm* der kleinen Olive einer neugeborenen Katze mit eintretenden Trapezfasern *tr* und ihren Endästen. Starke Vergrösserung (*Golgi*).

oberflächlichen Zellen sind die Dendriten nach dem Innern der Blätter zugewendet, während die nervösen Fortsätze nach aussen stehen und den Nervenfasern sich beigesellen, die das Organ von aussen umgeben; die inneren Zellen dagegen stehen mehr unregelmässig.

Die Nervenfasern, die ausser den Zellen in den Blättern der oberen Olive vorkommen, zeigen eine äusserst zierliche Anordnung. Dieselben dringen theils von den Hilus ähnlichen Stellen des Organes, theils von der gesammten übrigen Oberfläche der grauen Blätter desselben in das Innere, durchziehen dieselben in der Richtung ihrer Dicke und enden, jede Faser mit sehr reichen Verästelungen und Endbüscheln theils im Innern der Blätter, theils an der ihrer Eintrittsstelle gegenüberliegenden Seite, wobei diese Büschel zugleich die Nervenzellen umspinnen. So gewinnt das ganze Organ einen typischen, einheitlichen Bau, der in vielem an denjenigen der grossen Olive und des *Nucleus dentatus cerebelli* erinnert, nur dass in ersterer auch viele, die grauen Blätter einfach durchsetzende Nervenfasern vorkommen, die hier ganz zu fehlen scheinen oder wenigstens spärlich sind.

Beim Menschen finde ich ausser den erwähnten Nervenfasern, die mehr in den Querschnittsebenen verlaufen, auch eine nicht unbedeutende Zahl von Längsbündeln im Innern des Organes, die bei Thieren fehlen oder wenigstens nur spärlich entwickelt sind. Ich kann diese Bündel, die, wenn ich recht gesehen, in den proximalen Theilen des Organes zahlreicher sind, nur auf in der kleinen Olive entspringende Fasern der lateralen Schleife beziehen.

Was nun die Herkunft der Nervenfasern betrifft, die in die Blätter der oberen Olive eindringen, um in derselben zu enden, so stammen dieselben von mehrfachen Quellen und zwar einmal vom *Corpus trapezoides*. An Querschnitten erkennt man leicht (Fig. 486), dass von den an der ventralen Seite der kleinen Olive verlaufenden Trapezfasern zahlreiche Collateralen abgehen, welche theils an die konvexen Flächen, theils an den hilusähnlichen Einschnitten in die Blätter des Organes eintreten, um sich da weiter zu verästeln. Mit diesen bei Embryonen und jungen Geschöpfen durch die *Golgi*'sche Methode nachweisbaren Collateralen stimmen besondere radiäre Faserzüge überein, die bei erwachsenen Geschöpfen, vor allem deutlich bei der Katze, an *Weigert*schen und *Pal*'schen Präparaten von der ventralen Seite her an die kleine Olive herantreten. Diese bis jetzt ausser durch *Dean* kaum beachteten Elemente bilden zwei bis vier und mehr stärkere und schwächere Bündel, die von den oberflächlichsten Gegenden des Trapezium herkommend, die Trapezfaserung durchbrechen und an den einzelnen Abtheilungen der Olive angelangt, in dieselbe eintreten. Die eigentliche Herkunft dieser Elemente ist an *Weigert*'schen Präparaten nicht zu ermitteln, ob dieselben von Trapezfasern selbst abstammen oder von longitudinal verlaufenden zwischen denselben befindlichen Elementen, doch ist das erstere im Hinblick auf die eben gemeldeten Verhältnisse bei jungen Geschöpfen als das wahrscheinlichere anzusehen.

An der dorsalen Seite des Organes finde ich bis jetzt keine in dasselbe eintretenden Collateralen, dagegen ergaben frontale Schnitte die wichtige Thatsache, dass von Seiten der *Raphe* her zahlreiche Trapezfasern zu dieser Olive gehen, um da zu enden. Diese Fasern laufen im Allgemeinen unverästelt bis

in die Gegend der Abducenswurzeln, um dann hier, z. Th. noch diesseits dieser Wurzeln, grösstentheils aber jenseits derselben unter spitzen oder rechten Winkeln sich zu theilen und im weiteren Verlaufe in die Olivenblätter einzutreten, woselbst sie dann in der oben beschriebenen Weise Endverästelungen um die Zellen des Organes bilden. — Ich glaube nicht zu irren, wenn ich diese Trapezfasern als Elemente betrachte, die im *Gangl. acustici laterale* der entgegengesetzten Seite entspringen und somit gekreuzte Verbindungen der betreffenden Theile darstellen, des rechten Ganglion mit der linken Olive und umgekehrt, Verhältnisse, die von verschiedenen Autoren angenommen, aber von Niemand bis jetzt thatsächlich nachgewiesen wurden.

Bei Gelegenheit der Erwähnung dieser Fasern sei nun auch gleich bemerkt, dass andere von der *Raphe* lateralwärts ziehende Trapezfasern, die wie

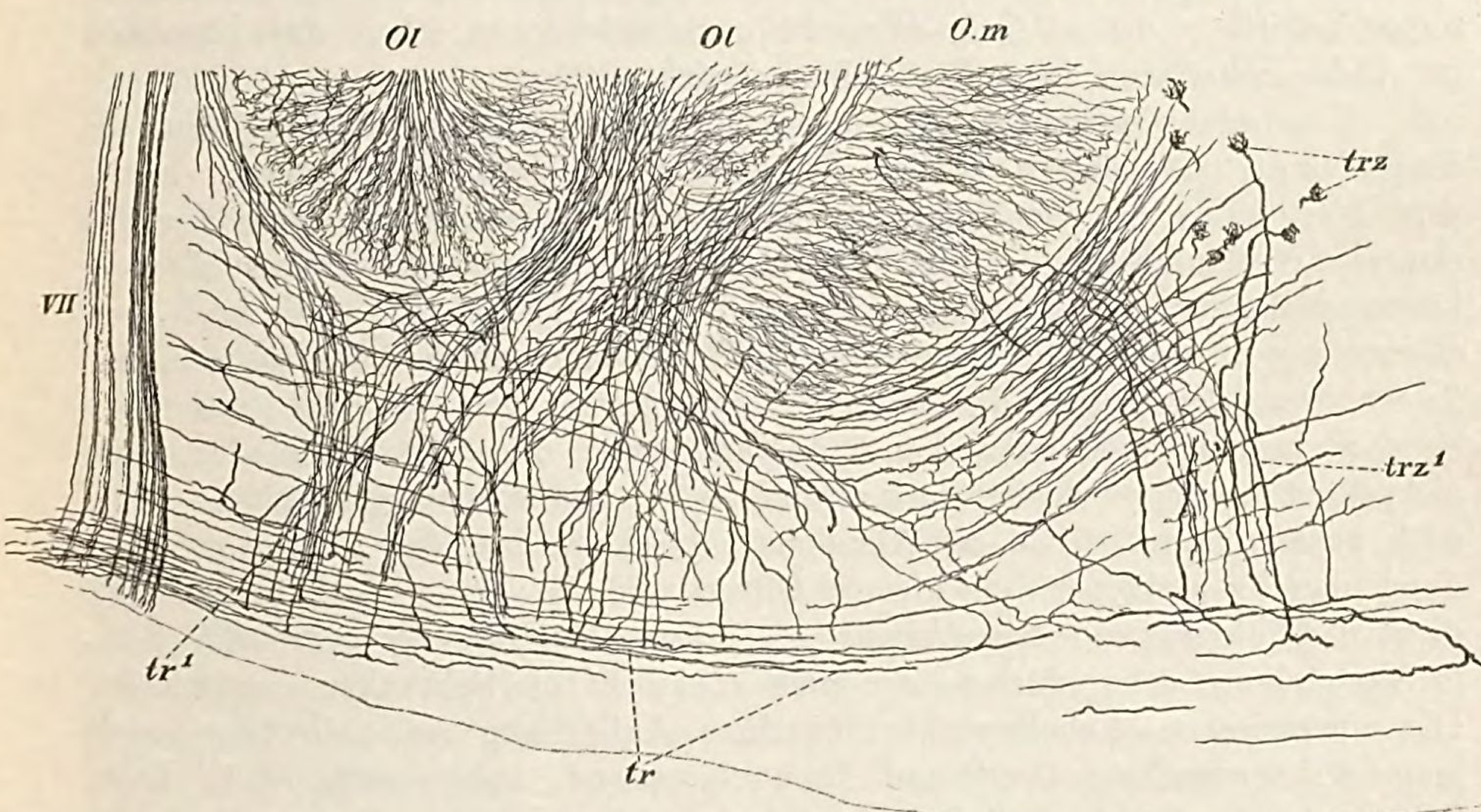


Fig. 486.

die oben erwähnten in der Gegend der Abducenswurzeln sich theilen, nicht für die Olive selbst, sondern für den derselben wahrscheinlich funktionell sehr nahestehenden Trapezkern bestimmt sind. Diese Fasern sind (an *Golgi*'schen Präparaten) feiner als die anderen, theilen sich an Frontalschnitten ebenfalls gabelförmig in einen aufsteigenden und einen absteigenden Ast und enden mit kleinen Bäumchen um die Trapezzellen herum, deren sonstige Verhältnisse weiter oben schon besprochen wurden.

Fig. 486. Querschnitt durch den ventralen Theil der kleinen Olive mit den angrenzenden Trapezfasern von einer neugeborenen Katze. Stärkere Vergr. (*Golgi*). *VII* austretende Facialiswurzel; *Ol* laterale Lappen der kleinen Olive; *O.m* medialer Lappen; *tr* Trapezfasern; *tr*¹ Bündel von Collateralen solcher, die in Olive eintreten; *trz* Zellen des Trapezkernes und *trz'* Achsencylinder derselben.

Ich komme nun wieder auf die Nervenfasern zurück, die mit der kleinen Olive in Zusammenhang stehen und erwähne hier ausser den oben schon besprochenen erstens Beziehungen zu den Dachkernen durch ein Bündel im medialen Theile des *Pedunculus cerebelli* (*Bechterew*, Neur. Centralbl. 1885) und dann solche zum Kerne des *Nervus abducens*. Die letzteren stellen den sogen. Stiel der kleinen Olive dar und bestehen aus einem Faserbündel, welches aus der dorsalen Seite des Organs austritt und parallel der Ursprungswurzel des *Facialis*, an der medialen Seite desselben zum Kern des VI. Nerven sich begiebt und hier endigt (Fig. 455 *Oo'*, 483 *Sto*). Die genauen Beziehungen dieses Faserbündels sind noch von Niemand nachgewiesen worden, doch ist es sehr wahrscheinlich, dass dasselbe aus Nervenfasern besteht, die von den Zellen der kleinen Olive entspringen und im Abducenskerne enden. Ersteres anlangend hat *Held* eine Zelle der kleinen Olive abgebildet, die ihren Achsencylinder in der Richtung des Abducenskernes abgab (l. c. Fig. 10) und was die Endigungen der Stielfasern betrifft, so ist an *Golgi*'schen Präparaten leicht zu sehen, dass dieselben im Abducenskerne in feine Verästelungen sich auflösen.

Eine sehr wichtige Frage ist noch die, ob nicht die kleine Olive (und die Trapezfasern) mit höheren Theilen des Gehirns in Verbindung stehen. Nachdem *Flechsig* beim menschlichen Fötus nachgewiesen hatte, dass für die centralen Verbindungen des *Nervus cochleae* eine Kreuzung und zwar im Trapezkörper vorhanden sei, lehrten die Versuche von *Baginski*, dass nach Zerstörung der Schnecke beim neugeborenen Thiere der ventrale Acusticuskern, das *Tuberculum acusticum*, das *Corpus trapezoideum* und die *Olive* derselben Seite einen Schwund der Zellen und Markmassen zeigen, zugleich aber auch die gekreuzte untere Schleife stark atrophisch ist, und so hat sich jetzt — wenn auch nicht unbestritten — die Annahme entwickelt, dass der *Nervus cochleae* durch den Trapezkörper, die kleinen Oliven und die untere Schleife mit dem distalen Vierhügel und dem *Corpus geniculatum laterale* der gekreuzten Seite in Verbindung stehe, für welche auch *Held* in die Schranken getreten ist. Die anatomischen Anhaltspunkte für diese Aufstellung sind allerdings noch lange nicht ausschlaggebend und direkt beweisend, indem auch *Held* keine Schleifenfasern direkt zu Zellen der kleinen Olive oder zu Trapezzellen oder zu Trapezfasern verfolgt hat, immerhin lehrt eine genaue Untersuchung des Ursprunges der unteren Schleife, dass dieselbe in der Umgebung der kleinen Olive beginnt und von hier aus lateral- und dorsalwärts sich entwickelt. Da, wo die kleine Olive schwindet, tritt der *Nucleus Lemnisci lateralis* an ihre Stelle, den *Bruce* ohne Weiteres als Fortsetzung der kleinen Olive bezeichnet und mit demselben Namen benennt und von diesem Kerne entspringen allem Anscheine nach viele Fasern der lateralen Schleife. Weiter auf diese Frage wird später, besonders bei Betrachtung der Vierhügel einzugehen sein.

Von den centralen Verbindungen des *Nervus cochleae* bleiben nun noch diejenigen des *Tuberculum acusticum* zu schildern übrig. Dass dieses *Tuberculum* auch in einem gewissen Grade an der Bildung des *Corpus trapezoides* sich betheiligt, wurde schon oben erwähnt und möchte ich hier nur noch einmal hervorheben, dass es bisher nicht möglich war, den Antheil des einen und des andern Ganglion an der Bildung der Trapezfasern genauer zu bestimmen.

Eine zweite centrale Bahn des *Tuberculum acusticum* stellen die *Striae acusticae* dar, die beim Menschen und bei Thieren etwas verschieden sich verhalten. Bei ersterem ziehen dieselben aus dem *Tuberculum acusticum,* in welchem sie entspringen, zuerst an der lateralen und dorsalen Seite um den *Pedunculus cerebelli* herum, und verlaufen dann weiter oberflächlich unter dem Ependym des 4. Ventriekels bis gegen die *Raphe,* um sich hier in die Tiefe zu senken und früher oder später auf die andere Seite zu treten und in die Längsfasern der *Substantia reticularis* überzugehen. Von hier an wurden dieselben beim Menschen bisher nicht weiter verfolgt, doch wird es nach dem, was bei Säugern anatomisch und experimentell ermittelt worden ist, in hohem Grade wahrscheinlich, dass dieselben in die untere oder laterale Schleife übertreten und mit dieser im distalen Vierhügel enden. Bei Säugern nehmen die *Striæ* anfangs dieselbe Lage ein, wie beim Menschen, nachdem dieselben aber um den *Pedunculus cerebelli* sich herumgekrümmt haben, ziehen sie, die Ursprungswurzel des Facialis kreuzend in schiefer Richtung gegen die kleine Olive und die *Raphe.* Ein Theil der Fasern derselben dringt in die Olive und endigt wahrscheinlich da, der grössere Theil aber begiebt sich zur *Raphe,* kreuzt sich da mit den Fasern der anderen Seite und verliert sich in der dorsal von diesen Oliven gelegenen *Substantia reticularis,* in welchem ihre Fasern zu Längsfasern sich gestalten und wahrscheinlich der untern Schleife sich anschliessen. Auch mit Bezug auf die Elemente der *Striæ* fehlen bis jetzt alle und jede Anhaltspunkte, um zu bestimmen, wie dieselben zur kleinen Olive und zur Schleife sich verhalten.

Der *Nervus vestibuli* besitzt, wie wir oben sahen, seine Endigungen im dorsalen Kerne, in beiden Abtheilungen des *Deiters*'schen Kernes und im Kerne der absteigenden Wurzel oder den grauen Massen, welche dieses Faserbündel umgeben. Alle diese Kerne sind Endkerne und lösen sich die Fasern des *Nervus vestibuli* um die Zellen derselben herum in feine Verästelungen auf. Wie beim *Nervus cochleæ* entstehen nun auch in diesen *Vestibularis* Endkernen sekundäre Bahnen, welche die Beziehungen dieses Astes des *Acusticus* zu andern Theilen des centralen Nervensystems vermitteln. Als solche sind nachzuweisen: 1. Beziehungen zum kleinen Gehirne, 2. solche zu den *Fibræ arcuatæ internæ* der *Substantia reticularis.* 3. Verbindungen mit den Seitenstrangresten der *Medulla oblongata,* 4. zum Kerne des Abducens.

1. Die Beziehungen zum kleinen Gehirne, welche durch Fasermassen stattfinden, die vom *Deiters*'schen Kerne und wohl auch aus dem dorsalen Kerne in den Wurm eintreten, lassen sich an Querschnitten von Säugethiergehirnen nicht unschwer erkennen. Gleichzeitig mit dem Eindringen des *Pedunculus cerebelli* in das kleine Gehirn treten auch starke Fasermassen aus dem *Deiters*'schen Kerne in den Wurm. Und zwar senken sich diese Bündel, die an der medialen Seite des *Pedunculus cerebelli* ihre Lage haben, vor allem in den Dachkern ein, um theils in diesem zu enden, theils zwischen beiden diesen Kernen eine Kreuzungskommissur zu bilden, d. h. in den Dachkern der andern Seite einzustrahlen (siehe Figur beim kleinen Hirn). Andere Elemente dieser sekundären Kleinhirnbahn des *N. vestibuli* gehen in den Kugelkern und ziehen zwischen diesem und dem Dachkerne dorsalwärts, um scheinbar der grossen Kreuzungskommissur des kleinen Hirns sich anzuschliessen, in Wirklichkeit aber in die dorsalen Windungen des Wurmes auszustrahlen.

Beim Menschen geht vom *Deiters*'schen Kerne aus ein starkes Bündel von Fasern an der medialen Seite des *Pedunculus cerebelli* dorsalwärts ins kleine Gehirn. Hier verlaufen diese Bündel theils durch den Pfropf *(Embolus)* gegen den Dachkern, theils strahlen dieselben an der medialen Seite des *Nucleus dentatus* in und durch den Kugelkern. Die ersteren Bündel treten einem kleinen Theile nach an der dorsalen Seite um den Dachkern herum, bei weitem der grössere Theil jedoch geht durch den Dachkern in seiner ganzen Höhe hindurch. Beiderlei Fasern kreuzen sich zwischen beiden Dachkernen und enden im entgegengesetzten Kerne. Die mit dem Kugelkerne in Beziehung stehenden Bündel verhalten sich im Ganzen wesentlich so wie oben bei Säugern erwähnt wurde, nur schien mir ein Theil derselben im Kugelkerne zu enden, ein anderer durch denselben hindurchzuziehen. — Bemerkenswerth ist, dass bei menschlichen Embryonen von 7—8 Monaten die Endigungen dieser Cerebellarbahnen im Dachkerne bereits markhaltig waren, die Ursprungsbündel derselben noch nicht, die aus diesem Grunde sehr scharf gegen die markhaltigen Elemente des *Nervus vestibuli* und *Pedunculus cerebelli* sich abhoben.

Was den Ursprung dieser Acustico-Cerebellarbahn anlangt, so wird von vielen Autoren bezweifelt, dass die Fasern derselben aus dem *Deiters*'schen Kerne stammen. Mir hat eine genaue Untersuchung dieser Gegend, vor allem an *Golgi*'schen Präparaten von Säugern gezeigt, dass namentlich aus der Gegend des sogenannten *Bechterew*'schen Kernes, aber auch aus derjenigen des eigentlichen *Deiters*'schen Kernes und in geringerem Grade auch des dorsalen Kernes zahlreiche Fasern entspringen, die sofort zu kleinen Bündeln geeint an der medialen Seite des *Pedunclus cerebelli* ins kleine Gehirn einstrahlen. Allerwärts liegen zwischen diesen Bündelchen die mächtigen Zellen des *Deiters*'schen und *Bechterew*'schen Kernes, doch waren von diesen immer nur einzelne gefärbt, deren stets nur auf kurze Strecken nachweisbare Achsencylinder über den näheren Verlauf derselben keine Aufschlüsse gestatteten. Dagegen ergaben sich die Dendriten dieser Zellen als auffallend lang und mässig verästelt und stimmten mit denen der zerstreuten Zellen der *Substantia reticularis* vollkommen überein, während sie von denen der ventralen Acusticuskerne sehr verschieden waren. Wenn dem Gesagten zufolge auch der bestimmte Nachweis des Ursprunges der Cerebellarfasern von den Zellen der dorsalen Acusticuskerne mit Inbegriff des Endkernes der absteigenden Wurzel, nicht gegeben werden kann, so bin ich doch der Meinung, dass alles für eine solche Annahme spricht, vor allem der Umstand, dass eine andere Quelle dieser Bahnen nicht nachweisbar ist.

2. Beziehungen der Vestibularisendkerne zu den *Fibræ arcuatae internae* lassen sich an *Weigert*'schen und *Golgi*'schen Präparaten leicht erkennen *(Freud, Obersteiner, ich)*. Es sind dies meist feinere Faserbündel, die sowohl vom *Nucleus dorsalis* als vom *Deiters*'schen Kerne aus in die *Substantia reticularis* und durch die *Raphe* auf die andere Seite ausstrahlen. Die Bündel, die dem dorsalen Kerne entstammen, verlaufen mehr wagerecht in den dorsalsten Theilen der *Substantia reticularis* gegen den *Fasciculus longitudinalis dorsalis*, den sie durchsetzen, doch kommen auch hier schon S-förmig oder bogenförmig mit dorsaler Konkavität verlaufende Bündelchen vor, welche dann in den vom *Deiters*'schen Kerne ausgehenden Ausstrahlungen vorwiegen und oft soweit ventralwärts verlaufen, dass sie die

Mitte der Haubengegend erreichen können. Endlich kommen auch aus dem Endkerne der absteigenden Vestibulariswurzel solche Verbindungen, die jedoch mehr quer gegen den ventralen Theil des *Fasciculus longitudinalis dorsalis* verlaufen.

Alle diese sekundären Bahnen gehen wohl unzweifelhaft nach ihrer Kreuzung in der *Raphe* in die longitudinalen Bündel der *Substantia reticularis* an der Dorsalseite der kleinen Olive über und verstärken vielleicht den in dieser beginnenden *Lemniscus lateralis*.

3. Eine dritte centrale Verbindung der Endkerne des *Nervus vestibuli* wird durch Fasermassen bewerkstelligt, welche vom *Deiters*'schen Kerne aus in schiefer Richtung ventral und medianwärts ziehen, um hierbei zwischen der Wurzel und dem Austrittsschenkel des Facialis durchzutreten (Fig. 487, 488). Diese Fasern verlieren sich an der dorsalen medialen Seite der kleinen Olive zwischen derselben und den Abducenswurzeln und gehen hier wahrscheinlich in Längsbündel über, welche der medialen Schleife sich beigesellen. Ob Elemente dieses Zuges die Mittellinie überschreiten und in der *Raphe* sich kreuzen, liess sich an meinen Präparaten nicht mit Sicherheit ermitteln. *Held*, der meines Wissens diesen schon von andern beschriebenen (*Obersteiner*, 2. Aufl. S. 387 Fig. 150 1) Faserzug bis jetzt allein abgebildet hat, lässt denselben in den Seitenstrang des Rückenmarkes herunterziehen (l. c. S. 276 Fig. 1, 2), ohne über diesen Verlauf Näheres anzugeben. Wahrscheinlich zählt auch der schon vor *Held* von *Bruce* beschriebene, von dem *Deiters*'schen Kerne zur lateralen Seite der grossen Olive verlaufende Faserzug hierher (Proceed. of the Royal Soc. of Edinburgh Vol. XVII. 1888/89 pag. 26 Pl. I. Fig. 2 aot.) *Held* sowohl wie *Bruce* bringen das betreffende Bündel, jeder in anderer Weise, mit dem Zustandekommen des Körpergleichgewichtes in Verbindung und

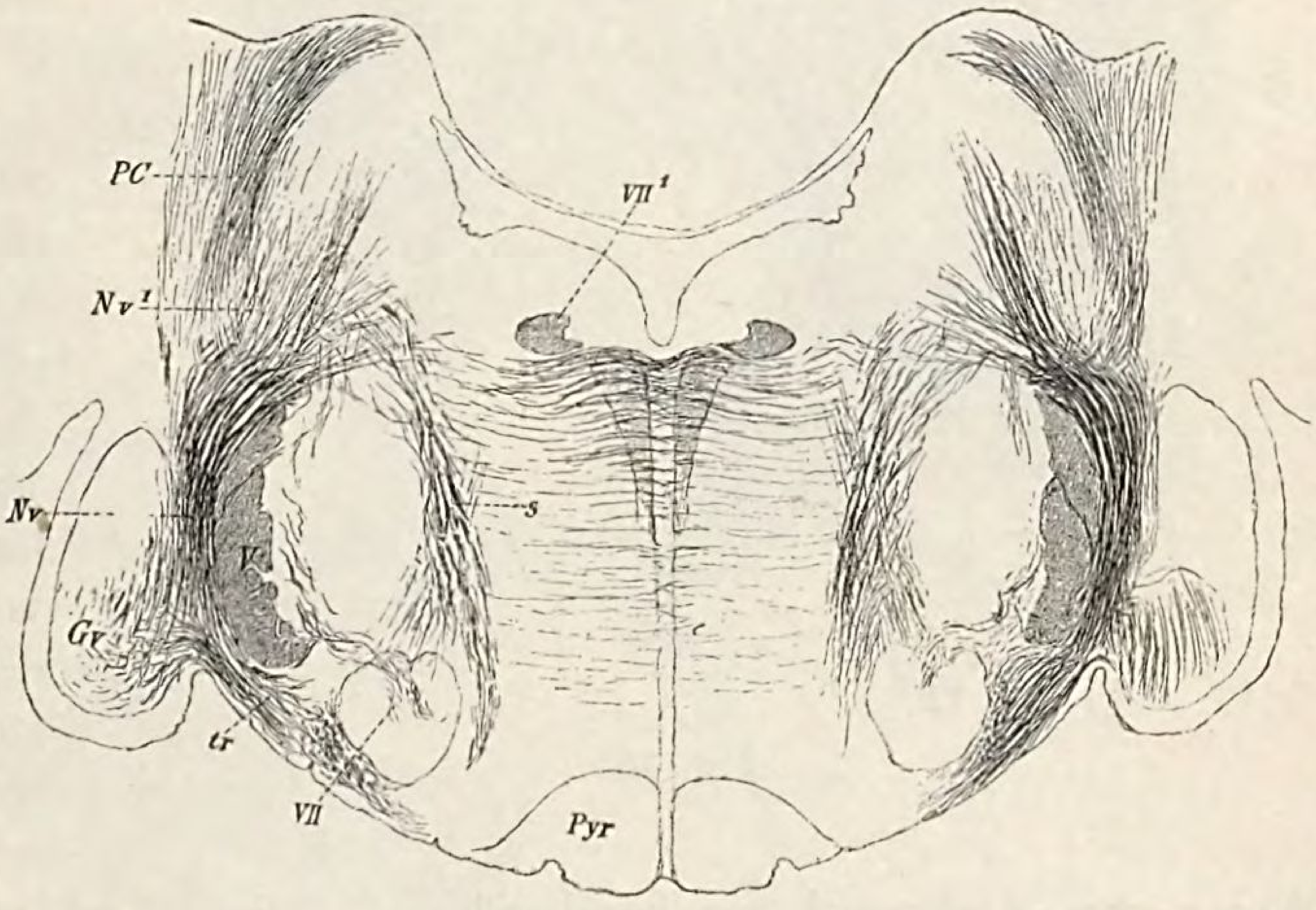


Fig. 487.

Fig. 487. Querschnitt durch die *Medulla oblongata* einer neugeborenen Katze, Nr. 37, *Weigert*. *Diameter dorso-ventralis* in der Gegend der *Raphe* 4,0 mm. *Pyr* Pyramiden; *VII* Kern des *Facialis*; *VII*[1] Querschnitt des Facialiskniees; *tr Corpus trapezoides*; *V* Quintus sensible Wurzel, *Gv Ganglion ventrale acustici*; *Nv Nervus vestibuli*; *Nv'* Ausstrahlung desselben in den *Deiters*'schen Kern; *PC Pedunculus cerebelli*; *s* vom *Deiters*'schen Kerne aus ventralwärts ausstrahlendes Faserbündel.

ich möchte angesichts der kolossalen Zellen des *Deiters*'schen Kernes an die eigenthümlichen Verhältnisse des *Acusticus* bei Fischen erinnern (s. S. 172) und an das Vorkommen von Kolossalfasern im Marke auch bei Amphibien und wie *Köppen* vor Kurzem nachgewiesen hat selbst bei Eidechsen im Schwanzmarke. (Ueber das hintere Längsbündel im Tageblatt der 62. Vers. deutscher Naturforscher in Heidelberg S. 514.)

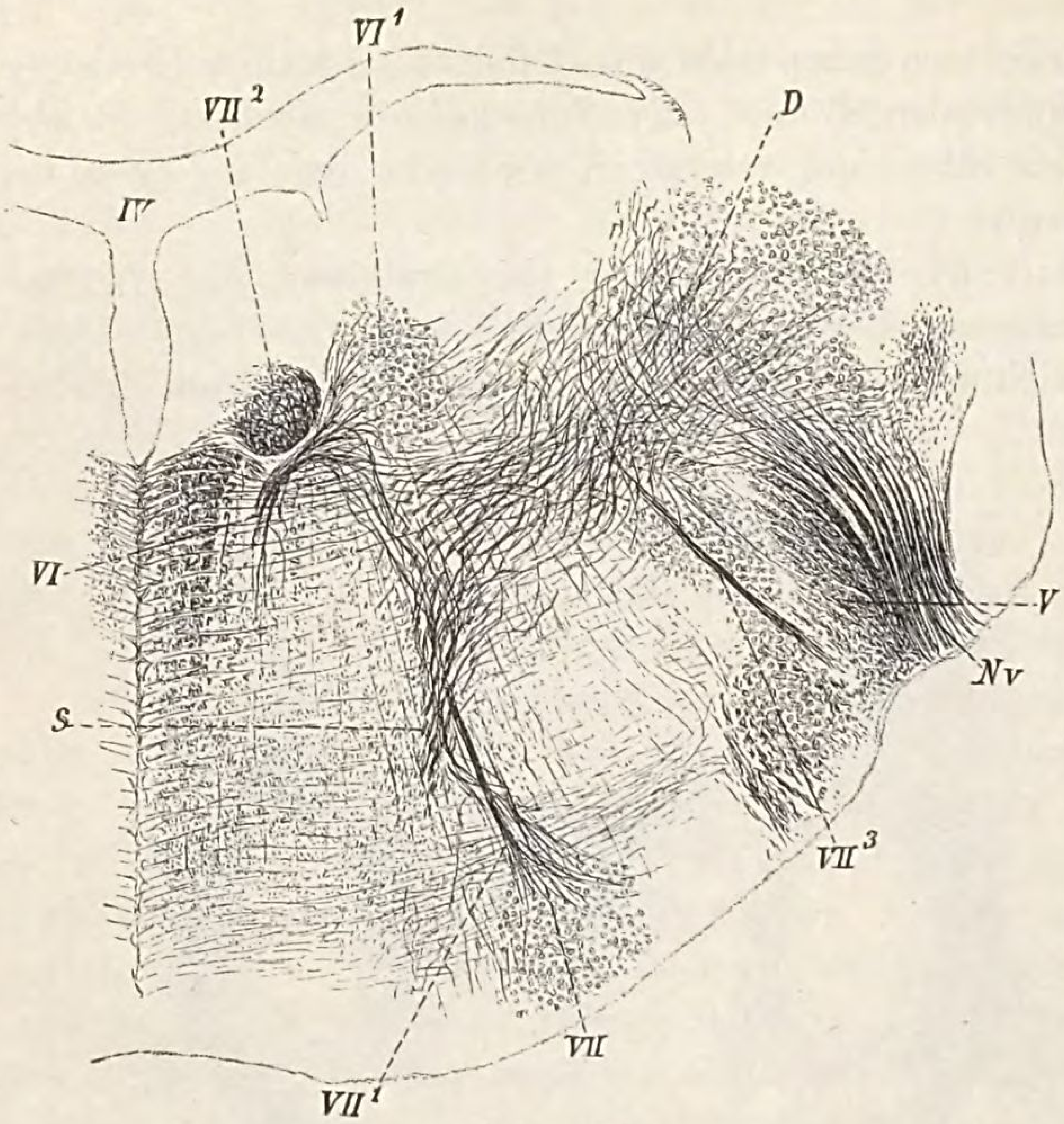


Fig. 488.

4. Endlich können auch unter den sekundären Verbindungen der Vorhofsnervenkerne Beziehungen zum Kerne des *Abducens* aufgezählt werden, die durch Fasermassen stattfinden, die von der medialen Seite des Endkernes der absteigenden Vestibulariswurzel und des *Deiters*schen Kernes geraden Weges zum Abducenskerne herüberziehen. Diese Verbindungen sind vorläufig ebenso wenig im Einzelnen aufgeklärt und begriffen, wie die zwischen dem Facialiskerne und dem *Corpus trapezoideum* und der kleinen Olive angenommenen.

§ 143.

IV. Facialis. Portio intermedia Wrisbergii.

Der Facialis ist von Hause aus ein gemischter Nerv, an dem eine grössere motorische und eine im *Ganglion geniculi* wurzelnde sensible Portion, der *Nervus intermedius Wrisbergii*, zu unterscheiden ist.

A. Facialis (Fig. 489—493).

Die motorische Portion oder der *Facialis sensu strictiori* besitzt einen einzigen, im aboralen Theile der Brückengegend befindlichen Ursprungs-

Fig. 488. Querschnitt der *Medulla oblongata* eines neugeborenen Kaninchens, Nr. 37. Geringe Vergrösserung. *Weigert*. *VII* Kern der Facialis; *VII*¹ aufsteigende Wurzel; *VII*² Knie des VII. Nerven quer; *VI* Wurzel des *Abducens*; *VI'* Kern desselben; *VII*³ austretende Facialiswurzel; *V* Quintus, sensible Wurzel; *Nv Nervus vestibuli*; *D Deiters*'scher Kern. Dorsalwärts davon die sekundäre Cerebellarbahn marklos; medianwärts davon die sekundären Verbindungen mit den Bogenfasern der *Substantia reticularis* und bei *s* die schiefe, ventralwärts ziehende sekundäre Bahn; *IV V. quartus*.

kern, aus welchem seine Wurzelfasern auf einem eigenthümlichen Umwege, dem sogenannten inneren Kniee, das Gehirn verlassen.

Der Kern selbst von etwa 4 mm Länge, ist im Querschnitte erst rundlich und dann länglichrund, und misst in seinem aboralen Theile 2,0—3,0 mm in dorso-ventraler Richtung und 1,4—1,7 mm in der Breite, um später, da wo der Abducenskern auftritt, auf 1,4—1,7 mm sich zu verkleinern (Fig. 489). Derselbe liegt im ventralen Theile der Haubengegend an der medialen Seite der aufsteigenden Trigeminuswurzel und entspricht sein Anfang ungefähr dem oralen Ende der grossen Olive und der Brücke. Hier grenzt derselbe auch ventralwärts unmittelbar an das *Corpus trapezoides*. So bald aber die kleine Olive auftritt, schiebt sich diese zwischen den Facialiskern und die genannten Quer-

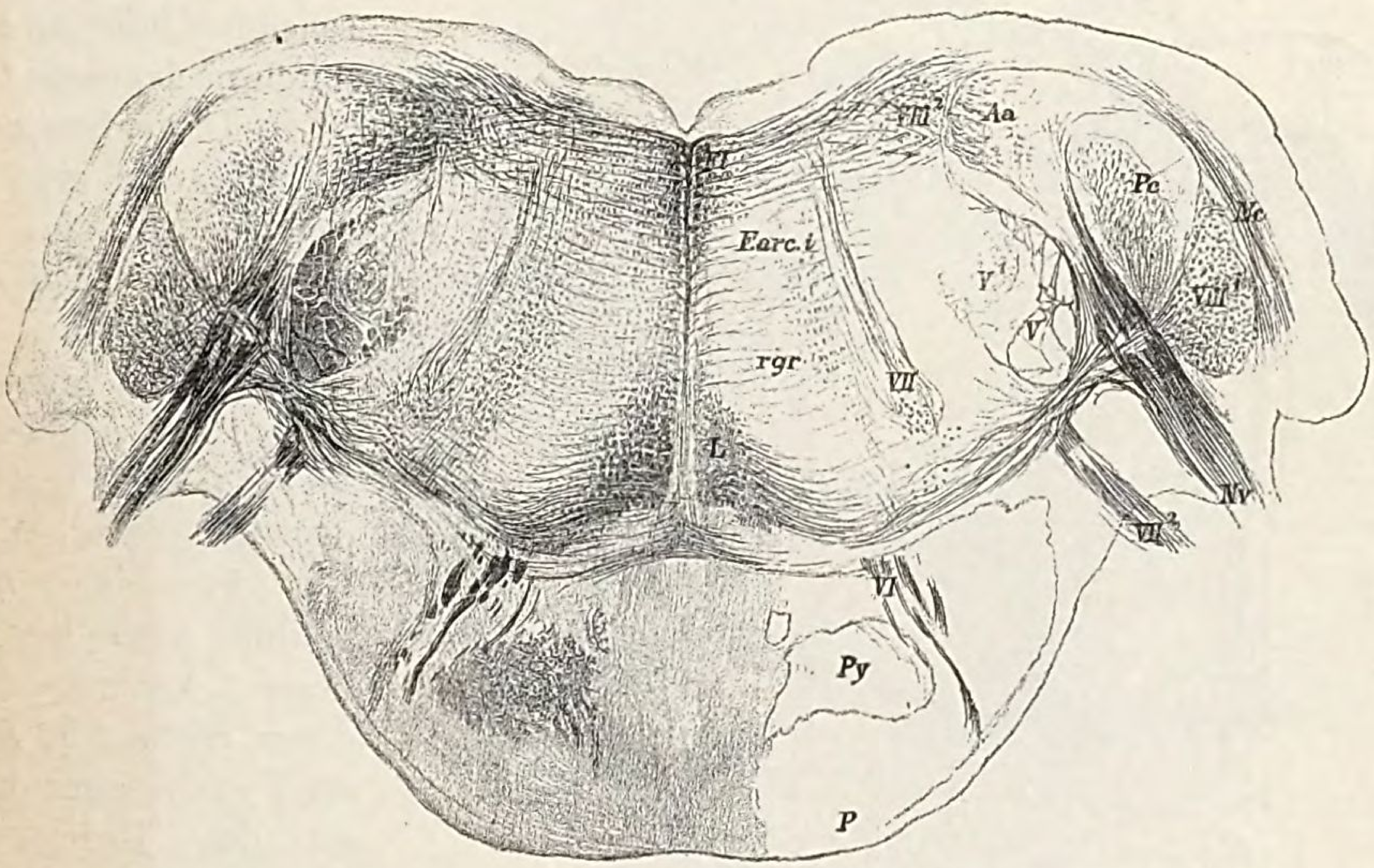


Fig. 489.

fasern ein und kommt ersterer nun an die dorsale laterale Seite der genannten Olive zu liegen, welche Lage der Kern nun beibehält.

Die aus diesem Kerne entspringenden Fasern zerfallen 1. in ein in ventrodorsaler Richtung ziehendes erstes Stück, welches zugleich etwas median- und oralwärts verläuft, den Ursprungsschenkel (Kernschenkel, aufsteigende Facialiswurzel) (Fig. 490 VII^1); 2. in einen horizontal verlaufenden longitudinalen Schenkel (Mittelstück, aufsteigender Schenkel) (Fig. 490 VII^2,

Fig. 489. Querschnitt durch den distalen Theil der Brücke eines Fötus von acht Monaten, *Pal*'sche Färbung. Vergrösserung 6 : 1. Nr. 143. *P* Oberflächliche Brückenfasern marklos; *Py* Pyramiden marklos; $VIII^1$ *Ganglion ventrale acustici*, aus welchem das markhaltige Trapezium entspringt; $VIII^2$ *Ganglion dorsale acustici*; *Nv Nervus vestibuli*; VII^2 austretende Facialiswurzel; *VII* Facialiskern mit dem ersten Abschnitte der Wurzel; *VI* Abducenswurzeln; *L Lemniscus*, Schleifenschicht; *Fl Fasciculus longitudinalis*; *F.arc.i Fibrae arcuatae internae*; *Nc Nervus cochleae*; *Pc Pedunculus cerebelli*; *Aa* spinale Acusticuswurzel; *rgr Substantia reticularis grisea*; *V* spinale Trigeminuswurzel; V^1 Trigeminusendkern oder *Subst. gelatinosa*.

Fig. 491 *VII^1*, 493), ein am Boden der Rautengrube in der Gegend des *Fasciculus teres* an der lateralen und dorsalen Seite vom *Fasciculus longitudinalis dorsalis* befindlicher Abschnitt, welcher aus einer rechtwinkligen Umbeugung des ersten Stückes hervorgeht und dann an Stärke fortwährend zunehmend etwa 5 mm weit hirnwärts verläuft; endlich 3. in einen Austrittsschenkel oder die austretende Wurzel (Fig. 490 *VII^3*; Fig. 489, 491 *VII^2*, 492 *VII^3*), welcher aus einer zweiten rechtwinkligen Umbeugung des longitudinalen zweiten Abschnittes hervorgehend nach kurzem oberflächlichem Verlaufe wieder in die Tiefe der Haube eintritt und ventral- und lateralwärts ziehend und zugleich caudalwärts verlaufend geraden Weges zwischen dem Facialiskerne und der sensiblen Quintuswurzel durch nach aussen tritt.

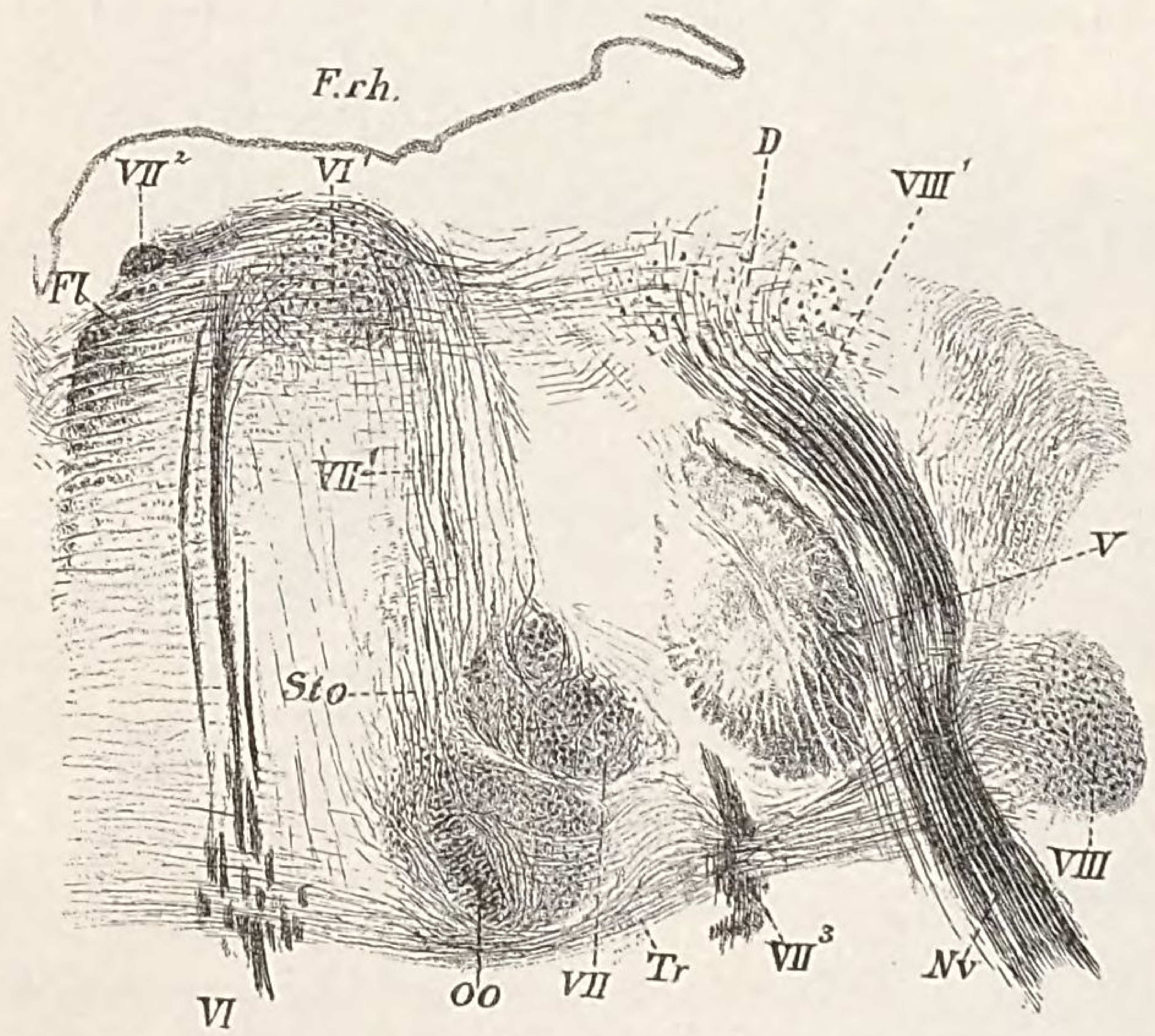


Fig. 490.

Die aufsteigende Facialiswurzel geht da, wo sie sich in den horizontalen Theil umbiegt, dicht an der dorsalen und lateralen Seite des Abducenskernes vorbei (Fig. 490), der in dieser Weise wie in eine Aushöhlung derselben zu liegen kommt. An dieser Stelle tritt auch der Facialis ganz nahe an den Boden der Rautengrube heran und bewirkt hier eine rundliche Vorwölbung desselben, das *Tuberculum nervi facialis*.

Der Facialiskern besteht aus grossen multipolaren, häufig leicht pigmentirten Zellen von 40—60 μ Grösse, die im Ganzen nicht sehr dicht stehen und von zahlreichen feinen Fasern umgeben sind. Im Ganzen ist der Kern ziemlich gut begrenzt, doch ist zu beachten, dass derselbe in der Regel zwei Abschnitte zeigt, (*Duval* zeichnet vom Facialiskerne selbst vier und fünf Unterabtheilungen (Journ. d'Anat. et de la Phys. 1877, Pl. XI, Fig. 3—4), ebenso *Huguenin* einen dorsalen kleineren mehr rundlichen mit etwas kleineren Zellen und einen ventralen grösseren, mehr länglich runden, welchen zwei Abschnitten möglicher Weise verschiedene Aeste des Facialis entsprechen (Fig. 452).

Fig. 490. Querschnitt durch die Haube der *Medulla oblongata* eines Embryo von 6 Monaten (*Weigert*), Nr. 91, 13 mal vergrössert. *VI* Abducens; *VI'* Abducens-Kern; *OO* kleine Olive; *Tr* Trapezium; *St.O* Stiel der Olive; *VII* Fac.-Kern; *VII^1* innere Fac.-Wurzel; *VII^2* Fac.-Knie; *VII^3* austretende Fac.-Wurzel; *VIII G. laterale VIII*; *Nv vestibuli*; *VIII'* aufsteigende Acusticuswurzel; *D Deiters*'sche Zellen; *Fasc. longitud. dorsalis*; *F.rh* Rautengrube.

Verglichen mit anderen Nervenwurzeln ist am Ursprungsschenkel des Facialis der lockere Bau auffallend und fehlen hier stärkere Faserbündel, wie sie vor allem beim *Hypoglossus*, den sensiblen Vagus- und Glossopharyngeuswurzeln, dem *Abducens* und *Oculomotorius* vorkommen, ganz und gar. Dagegen besitzt das Mittelstück einen ganz dichten Bau und ebenso die austretende Wurzel und besteht das erstere nur aus einem einzigen Faserbündel, während bei der letzteren 4—5 Bündel und mehr vorkommen. Bei dem ersteren ist eine Zunahme an Stärke im Verlaufe durch immer neu zutretende Fasern des

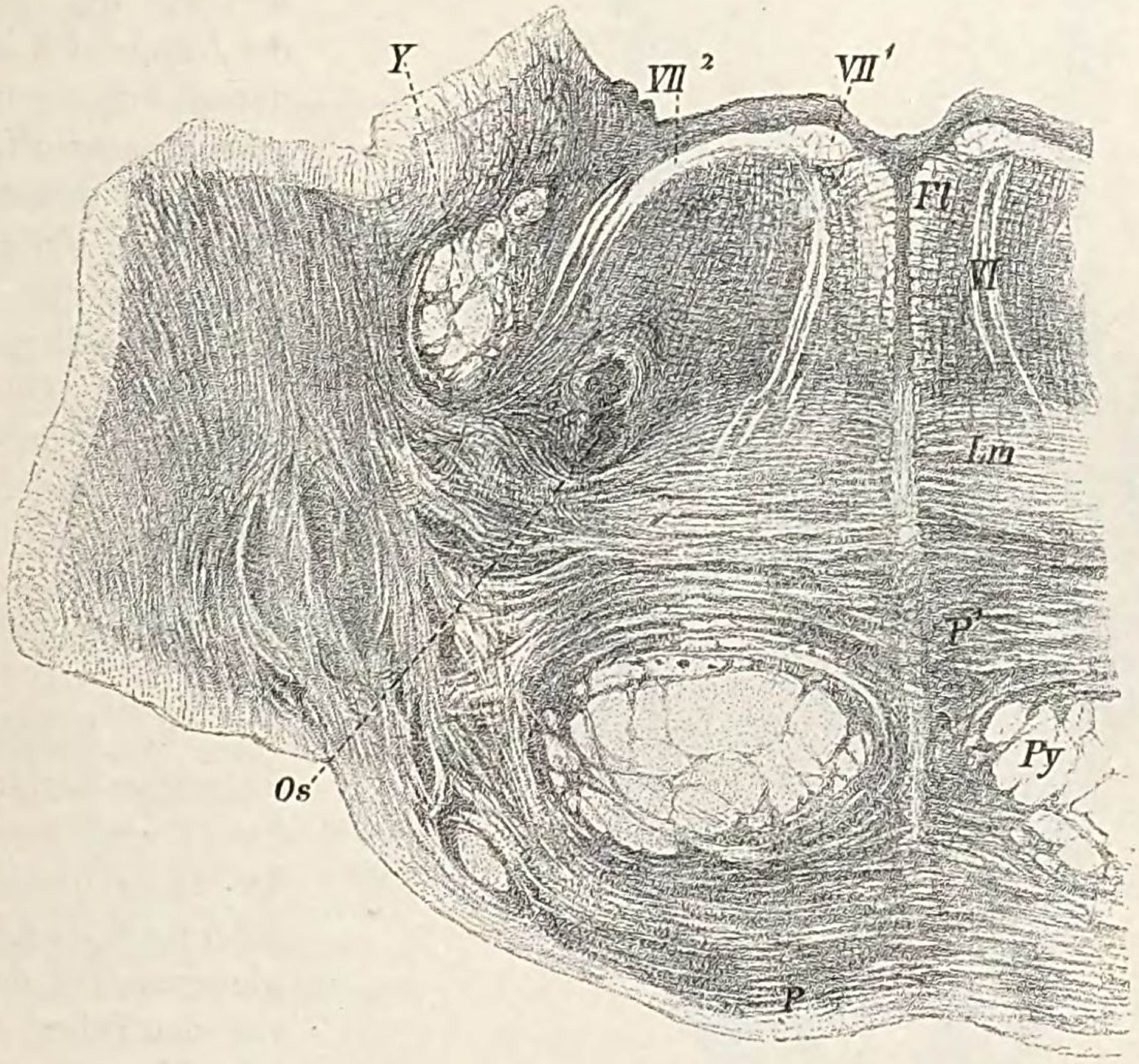


Fig. 491.

Ursprungsschenkels sehr auffallend und misst dieser Abschnitt, der im Querschnitte queroval ist, an seinem aboralen Ende 1,0 : 0,57 mm und steigt bis zu 1,53 : 0,80 mm.

V e r b i n d u n g e n d e s F a c i a l i s k e r n e s. 1. Unter diesen sind vor allem Verbindungen mit den Pyramiden zu erwähnen, die bei der erwachsenen Katze leicht zur Anschauung kommen. Hier treten aus dem ventralen Rande der Pyramiden dicht am Eingange der ventralen Spalte horizontalverlaufende

Fig. 491. Querschnitt durch die Brücke des Menschen in der Gegend des Facialiskniees. Nach einem Karminpräparate Nr. 135 der mikr. Sammlung. Vergrösserung 4:1. *P* Oberflächliche Querfasern der Brücke; *P'* tiefe Querfasern der Brücke mit Trapezfasern; *Py* Pyramidenbündel; *Lm Lemniscus medialis* (Schleife); *VI* Abducenswurzeln; *VII*¹ Facialisknie; *VII*² austretende Facialiswurzel; *V* spinale Trigeminuswurzel; *Os Oliva minor*; *Fl Fasciculus longitudinalis dorsalis.*

Fäserchen aus, die dorsalwärts ziehend immer mehr sich verstärken, um endlich am Grunde der Spalte eine zierliche Kreuzung zu erleiden. Nach dieser Kreuzung ziehen diese Fasern sofort als nahezu am meisten ventral gelegene *Fibrae arcuatae sive transversales internae* lateralwärts auf den hier sehr tief gelegenen Facialiskern zu (siehe eine Figur beim *Cerebellum*) und verlieren sich in diesem. — Beim Menschen sind die Verhältnisse wesentlich dieselben und kann die Fig. 452 dazu dienen, um dieselben deutlich zu machen. Aus den Pyramiden treten medianwärts starke Bündel heraus, die sofort in der *Raphe* sich kreuzend dorsalwärts vom *Lemniscus medialis (Lm)* quer und schief lateralwärts zum Facialiskerne ziehen, der hier tiefer in der Haube liegt als bei der Katze. Diese Bündel stellen die Bahnen dar, auf welchen der Willenseinfluss in gekreuzter Weise auf den Facialis sich geltend macht.

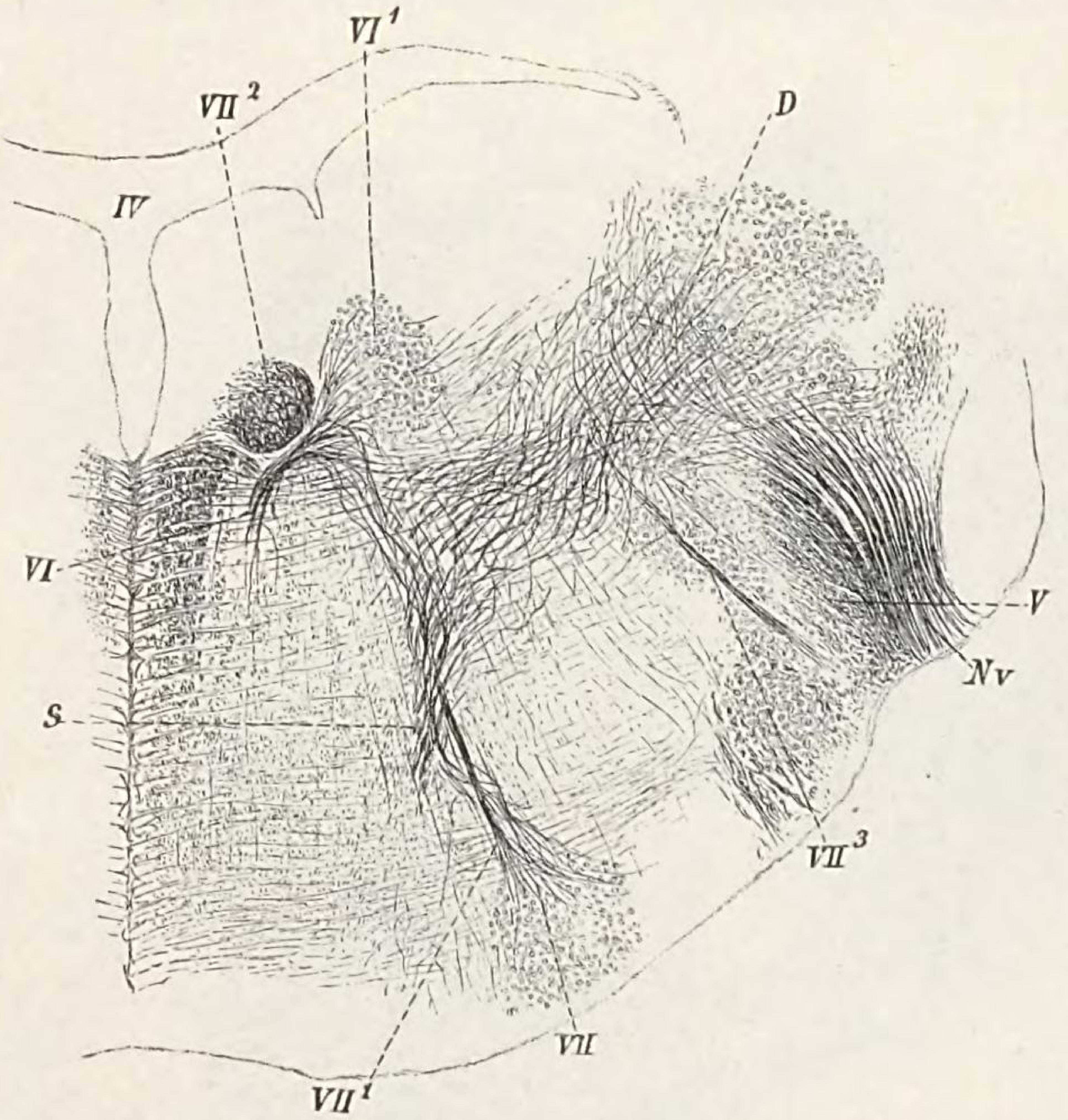


Fig. 492.

2. Finden sich zahlreiche Verbindungen des Facialiskernes mit der sensiblen Trigeminuswurzel, die wiederum bei der Katze viel deutlicher sind als beim Menschen, obschon dieselben auch hier ganz bestimmt vorkommen. Bei der Katze treten aus den ventralen zwei Drittheilen der genannten Wurzel fünf bis sechs starke Faserbündel an den Kern des Gesichtsnerven, während beim Menschen aus dem ventralen Drittheile des *Quintus* feinere Bündel gegen den genannten Kern ziehen und nur am ventralen Ende desselben einige stärkere Faserzüge vorkommen.

3. Sei hier auch der Fasern gedacht, die, wie im vorigen § geschildert wurde, den Facialiskern einerseits mit dem *Corpus trapezoides,* anderseits mit

Fig. 492. Querschnitt der *Medulla oblongata* eines neugeborenen Kaninchens, Nr. 37. Geringe Vergrösserung. *Weigert.* *VII* Kern der *Facialis*; *VII*[1] aufsteigende Wurzel; *VII*[2] Kern des VII. Nerven quer; *VI* Wurzel der *Abducens*; *VI'* Kern derselben; *VII*[3] austretende Faciliswurzel; *V* Quintus sensible Wurzel; *Nv Nervus vestibuli*; *D Deiters*'scher Kern. Dorsalwärts davon die sekundäre Cerebellarbahn marklos; medianwärts davon die Verbindungen mit den Bogenfasern der *Substantia reticularis* und bei *s* die schiefe ventralwärts ziehende sekundäre Bahn; *IV Ventriculus quartus.*

der kleinen Olive verbinden und eine Verknüpfung des *Nervus cochleae* mit dem Facialis zu vermitteln scheinen, die physiologisch wohl verwerthbar wäre.

4. Endlich erwähne ich Collateralen der Seitenstrangreste, die an der ventralen Seite der austretenden Facialiswurzel und dorsalwärts von der kleinen Olive zum Facialiskerne gehen, welche wohl als centripetale Erregungen übertragende Bahnen wirken, wie die meisten Elemente des Seitenstranges.

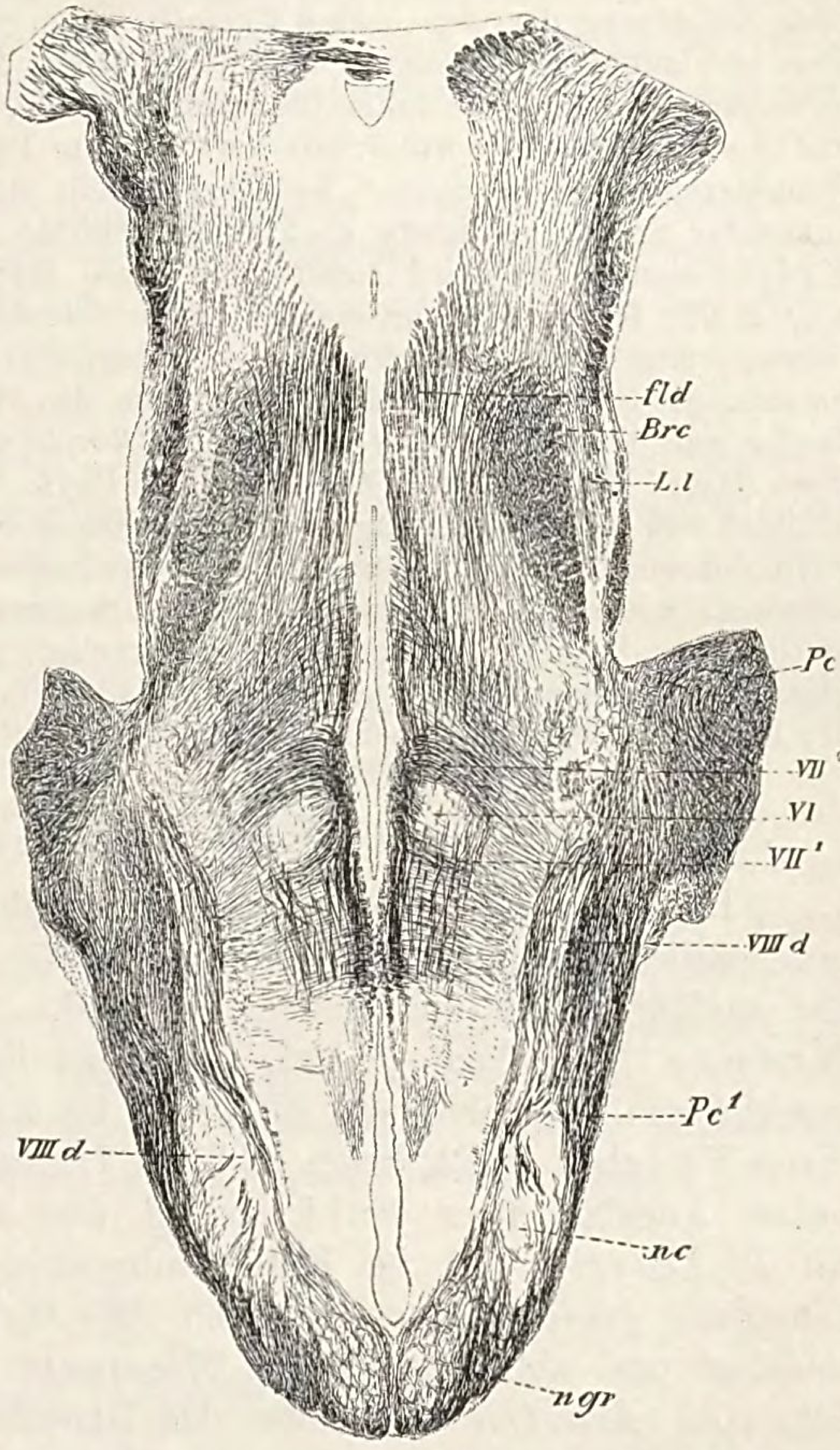


Fig. 493.

In Betreff der Ursprünge der *Facialis* herrschen noch verschiedene Ansichten. *Meynert*, *Clarke* und von Neueren besonders *Huguenin* und *Duval*, z. Th. auch *Schwalbe* lassen einen Theil des *Facialis* aus dem Abducenskerne entspringen und schreiben diesem sogenannten oberen *Facialis* eine Einwirkung auf den *Musculus frontalis* und *Orbicularis palpebrarum* zu, welche bei centralen Facialiserkrankungen, solange als die Facialiswurzel nicht getroffen ist, wie z. B. bei der *Paralysis labioglosso-laryngealis*, noch funktioniren, während sämmtliche Muskeln der Mundspalte gelähmt sind. Gegen diese Annahme haben sich theils aus anatomischen Gründen, theils in Folge pathologischer Erfahrungen *Stieda*, *Krause*, *Gowers*, *Gudden*, *Obersteiner*, *Kahler* u. A. erklärt. *Gowers* fand bei Degeneration beider *Abducentes* den Abducenskern ganz und gar geschwunden (Med. Centralbl. 1878) und *Gudden* nahm nach dem Ausreissen Eines *Abducens* dasselbe wahr, während nach dem Ausreissen Eines *Facialis* im *Canalis Falloppiae* die Atrophie auf den eigentlichen Facialiskern sich beschränkte. Was die anatomischen Thatsachen anlangt, so ist zuzugeben, dass bei der Nähe des Abducenskernes und des Facialisstammes in der Gegend des Kniees der Schein eines Ursprunges der Elemente der austretenden Facialiswurzel aus dem Kerne des VI. Nerven entstehen kann. Sieht man jedoch ge-

Fig. 493. Frontalschnitt der *Medulla oblongata* des Menschen. Nr. 81, 82 der Serie, zweimal vergrössert (*Weigert*). *ngr Nucleus funiculi gracilis*; *nc Nucleus fun. cuneati*; *Pc*¹ distaler Theil des *Pedunculus cerebelli*; *Pc* proximaler Theil desselben; *VIIId* absteigende Vestibulariswurzel; *VI* Abducenskern; *VII*¹ aufsteigende Facialiswurzel durch das innere Knie in *VII*² die austretende Wurzel übergehend; *fld Fasciculus longitudinalis dorsalis*; *Brc Brachium conjunctivum*; *Ll Lemniscus lateralis.*

nauer zu, so wird man finden, dass alle Fasern der austretenden Wurzel aus Umbeugungen der Fasern des Kniees entstehen und sind in dieser Hinsicht senkrechte und Flächenschnitte gleich beweisend. Am massgebendsten nahezu waren mir Präparate von neugeborenen Kaninchen, bei denen der grosse Abducenskern neben und dorsalwärts vom austretenden Facialisschenkel gelegen ist (Fig. 492).

Einer weiteren von *Mendel* über den oberen *Facialis* geäusserten Vermuthung kann ich mich ebenfalls nicht anschliessen. *Mendel* (Neurol. Centralbl. 1887) fand nach Zerstörung der vom oberen *Facialis* versorgten Muskeln beim neugeborenen Kaninchen eine auffällige Degeneration in den hinteren Abschnitten des gleichseitigen Oculomotoriuskernes und hält er daher für wahrscheinlich, dass der obere *Facialis* hier entspringe und im *Fasciculus longitudinalis dorsalis* zum Facialisknie gelange, um sich hier dem Hauptnerven anzuschliessen. Es lehrt jedoch eine Untersuchung des Längsbündels an genannter Stelle, besonders an Flächenschnitten, dass dasselbe keine Fasern an den *Facialis* abgibt und wird somit auch diese Hypothese hinfällig. Ebenso zweifelhaft scheint mir ferner der von einigen Seiten (*Stieda, Obersteiner* u. A.) angenommene Ursprung eines Theiles der *Facialis* von dem Kerne der entgegengesetzten Seite durch Fasern, die vom horizontalen Mittelstücke des Nerven durch den dorsalsten Theil der *Raphe* auf die andere Seite übertreten (*Obersteiner*, Fig. 119, 120). Auch *Duval*, der diese Fasern im Journ. de l'Anat. et de la Phys. 1876, S. 521, Taf. XIV, Fig. 2, 3, 4 ff. abbildet und bespricht, leugnet jede Beziehungen derselben zum *Facialis* und ich schliesse mich demselben vollkommen an. Die betreffenden Fasern sind einfach *Fibrae arcuatae internae*, wie sie in der ganzen Haube vorkommen. — Endlich hat *Gowers* (Diseases of the Nerv.-Syst. II) die Ansicht ausgesprochen, dass der obere *Facialis* aus dem Hypoglossuskerne entspringe, ist aber den Beweis hierfür schuldig geblieben, ebenso wie *Bruce*, der in dieser Beziehung ebenfalls gewisse Andeutungen gemacht hat (lc. pag. 2, 6).

B. *Portio intermedia Wrisbergii, Nervus Wrisbergii.*

In Betreff des Ursprunges und Verlaufes dieses Theiles des *Facialis* liegen nur spärliche Angaben vor, unter denen die von *Duval* und *Paul Martin* die ausführlichsten und genauesten sind. Nach *Huguenin* (S. 176) und *Krause* (Mikr. Anat. S. 420) entspringt die *P. intermedia* aus dem *Nucleus acustici ventralis* und soll (*Krause*) bis 3 3 μ dicke Fasern führen, doch ist dieses Verhalten durch keine bildliche Darstellung versinnlicht. Die ersten genauen Angaben über den Ursprung der sensiblen Facialiswurzel verdanken wir *P. Martin*, der bei Katzenembryonen das Facialisganglion (das spätere *Ganglion geniculi*), von welchem die *Portio intermedia* entspringt, genau schildert und abbildet (Oesterr. Monatsschr. für Thierheilk. 15. Jahrg. 1890, Fig. 10). *Martin* beobachtete das Ganglion als ganz selbständige, früh entstehende Bildung und verfolgte das Hervorsprossen seiner Fasern cerebralwärts und nach der Peripherie. Fast gleichzeitig fand auch *His* bei einem jungen menschlichen Embryo das Facialisganglion und beobachtete den Anschluss seines cerebralen Ausläufers an den *Tractus solitarius* im Anschlusse an den Glossopharyngeus (Abh. d. sächs. Ges. d. Wissensch. 1890, Bd. XVI, Nr. 1). Diese Beziehung entdeckte schon vor längerer Zeit zuerst *Duval*, nach dessen Erfahrungen die *Portio intermedia* gewissermassen nichts als der oberste Theil der sensiblen Glossopharyngeuswurzel ist. Es versteht jedoch *Duval* mit dieser Bezeichnung nicht die Fasern des IX. Nerven, die aus dem *Fasciculus solitarius* entspringen, sondern die Elemente, die mit dem Vago-Glossopharyngeus-Endkerne am Boden der Rautengrube lateralwärts vom Hypoglossuskerne sich verbinden. Nachdem aus diesem Kerne die obersten Glossopharyngeuswurzeln sich entwickelt haben (Journal de l'Anat. et de la Physiol. 1880, Pl. XIX, Fig. 1, *q*

von *Cebus*), verschwinde der betreffende Kern nicht, vielmehr ziehe derselbe weiter hirnwärts und dann trete aus demselben in der Höhe der Acusticuswurzeln ein neuer Nerv auf (l. c. Pl. XIX und XX, 4), der nichts anderes sei als der *N. intermedius*.

Diesem zu Folge rechnet *Duval* diesen Nerven zum *Glossopharyngeus* und sucht weiter auf physiologischem Wege darzuthun, dass dieser dem *Facialis* sich zugesellende Nerv in die *Chorda tympani* übergehe und in seinen Funktionen mit dem Geschmacksnerven übereinkomme, wie dies jetzt allgemein angenommen wird (siehe *Erb*).

Nach meinen Untersuchungen beim Menschen und Säugern kann ich mich im Wesentlichen an den berühmten französischen Forscher anschliessen und muss nur in sofern abweichen, als ich, ebenso wie *Martin* und *His*, den Kern, den *Duval* als eigentlichen sensiblen Glossopharyngeuskern auffasst, für den Kern des *Fasciculus solitarius*, d. h. den Endkern der absteigenden Vago-Glossopharyngeuswurzel halte. In meiner Fig. 451 ist dieser Endkern mit einer der obersten Glossopharyngeuswurzeln beinahe so dargestellt, wie *Duval* ihn zeichnet, aus einer Gegend, wo noch die Olive vorhanden, aber der *Nervus cochleae* schon aufgetreten ist. In derselben Weise erhält sich dieser Endkern des *Fasciculus solitarius* auch da, wo der Kern des *Facialis* und der *Nervus vestibuli* auftritt und lassen sich aus demselben immer feine Faserbündel verfolgen, die an der medialen Seite des *N. vestibuli* ihre Lage haben und da wo die austretende Facialiswurzel vorhanden ist, zwischen diesen beiden Wurzeln gelegen sind (s. eine Figur im § 147). Diese Bündelchen des *Nervus Wrisbergii* durchsetzen entweder die aufsteigende Quintuswurzel oder liegen zwischen derselben und dem *Nervus vestibuli*. In gewissen Fällen ist auch der *Nervus vestibuli* an seiner Eintrittsstelle gegen den *N. intermedius* zu wie aufgelockert und wie aus mehreren kleinen Bündelchen bestehend, und sind dies wohl Fälle, in welchen der sogenannte *N. intermedius* in seinem cerebralen Verlaufe theils an den *Facialis*, theils an den *Acusticus* sich anlegt.

§ 144.

V. Trigeminus. (Fig. 494—500.)

Der dreigetheilte Nerv tritt zwar nur mit zwei Bündeln aus der Brücke heraus, besitzt jedoch, wenn man seinen Beziehungen zum Gehirne nachgeht, drei Abschnitte, die gemeinhin 1. als aufsteigende, 2. als motorische und 3. als absteigende Wurzel bezeichnet werden. Von diesen Wurzeln ist die aufsteigende rein sensibel, die 2. motorisch und die 3. oder absteigende höchst wahrscheinlich auch motorischer Natur.

Die aufsteigende Wurzel der Handbücher, die ich die spinale oder sensible Wurzel heisse, durchzieht als dichtes Faserbündel von ihrer Eintrittsstelle in der Brücke an, das ganze verlängerte Mark und beginnt in der Gegend der *Decussatio pyramidum* ganz unmerklich. In diesem Verlaufe nimmt diese Wurzel die Stelle der früheren *Lissauer*'schen Randzone ein und liegt somit unmittelbar lateral- und dorsalwärts von der *Substantia gelatinosa*, welche mit ihr in die *Medulla oblongata* übergeht und sie in ihrem ganzen Verlaufe begleitet. Verfolgt man diese Wurzel

an nach Golgi behandelten Stücken näher, so ergiebt sich an Längs- und Querschnitten leicht, dass dieselbe in ihrem ganzen Verlaufe eine grosse Anzahl von Seitenästchen entsendet, welche in die *Substantia gelatinosa* eintreten, die zahlreichen in dieser Substanz befindlichen Nervenzellen umspinnen und in derselben mit ihren Verästelungen frei enden. Es ist daher die *Substantia gelatinosa*, soweit sie dieser Trigeminuswurzel anliegt, als Endkern derselben zu bezeichnen und verdient die Wurzel selbst eigentlich den Namen einer absteigenden, indem die Ursprünge ihrer Nervenfasern nicht im Marke, sondern wie bei den Spinalnerven in einem Ganglion, dem *Ganglion Gasseri*, zu suchen sind (Fig. 494).

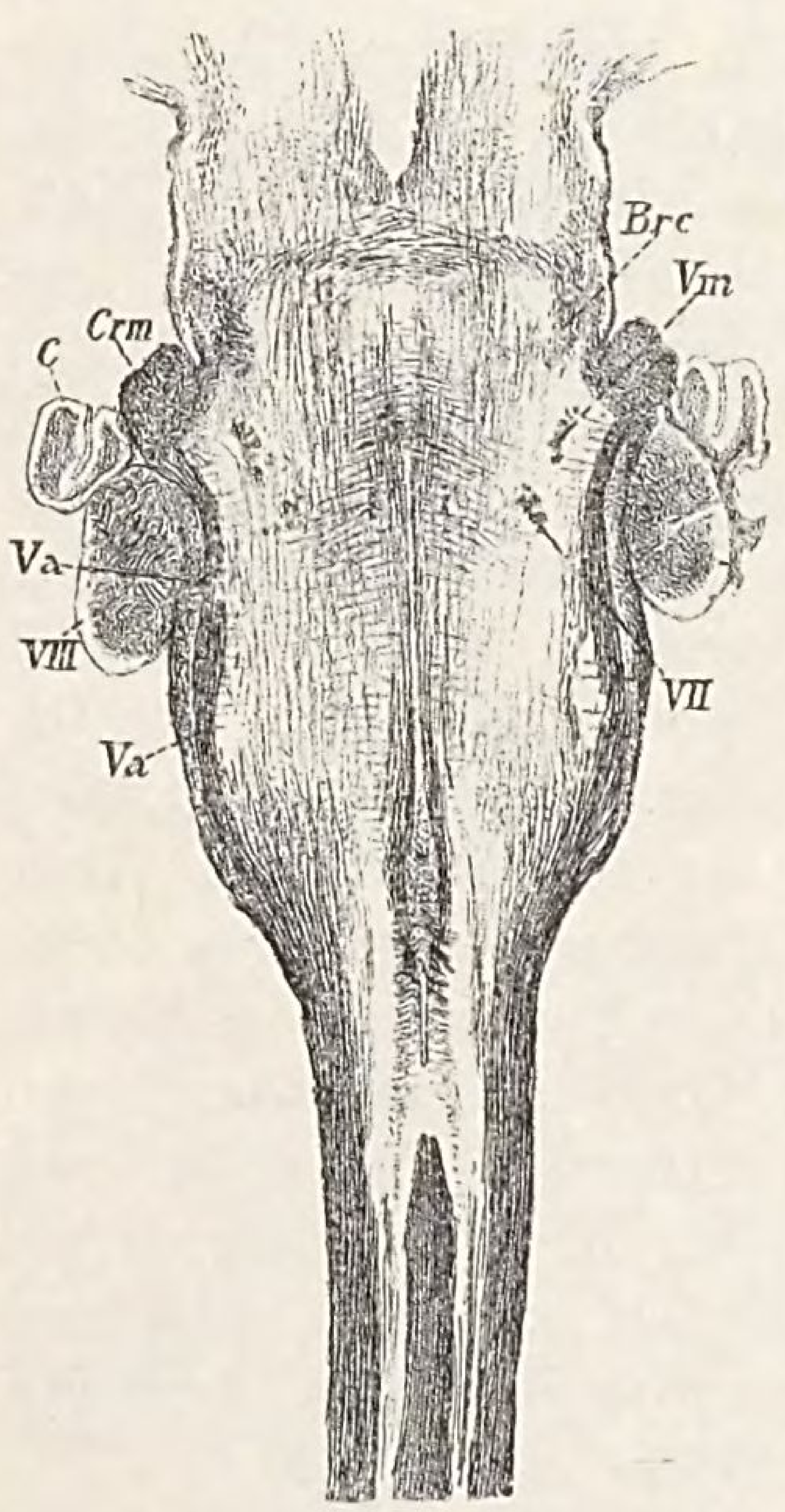


Fig. 494.

Die Lage und das erste Auftreten dieser sensiblen Trigeminuswurzel betreffend, so ergiebt sich folgendes. Da wo die Pyramidenkreuzung im Bereiche der obersten Cervikalnerven beginnt (Fig. 442), ist noch keine Spur des *Quintus* zu sehen und tritt derselbe erst da auf, wo die genannte Kreuzung besser entwickelt ist. Diese Stelle entspricht ungefähr der Gegend, in welcher die ersten Spuren der Kerne des *Fasciculus gracilis* und *cuneatus* erscheinen und liegt cerebralwärts von den dorsalen Wurzeln des *Cervicalis primus*. Die frühere *Substantia gelatinosa* und das *Caput cornus posterioris* sind hier ganz zur Seite gerückt in die Gegend des sogenannten *Fasciculus lateralis* und erscheinen nun als Anfang des Endkernes der sensiblen Quintuswurzel, welche im Beginne nur einen ganz schmalen oberflächlichen Saum derselben darstellt (Fig. 446). Dieser Saum wird nun je länger um so breiter (dicker) und stellt bald eine halbmondförmige Lage feiner Fasern dar, die den Endkern bogenförmig umgiebt, während zugleich die Schleifenfasern auftreten, die schon in der Fig. 446 sichtbar sind und zum Theil aus dem Trigeminusendkerne stammen.

Eine Aenderung der Lage der sensiblen Quintuswurzel tritt von dem Punkte aus ein, wo als Fortsetzung der Kleinhirnseitenstrangbahn die *Fibræ arcuatæ superficiales dorsales laterales* erscheinen, welche Gegend ungefähr dem caudalen Ende der grossen Olive und des *Fasciculus solitarius* oder der absteigenden Vago-Glossopharyngeuswurzel entspricht. Von hier an tritt eine zusehends sich verstärkende Lage von horizontalen Fasern an der Aussenseite der sensiblen Quintuswurzel auf, zu welcher bald auch die oberflächlichen Oliven-Kleinhirnfasern sich gesellen, und wird dieselbe so immer mehr in die Tiefe

Fig. 494. Frontalschnitt der *Medulla oblongata* einer Katze. (*Pal*). Nr. 93, 2 : 1. *Va Quintus, Radix spinalis*; *Crm Crus cerebelli ad pontem*; *Brc Brachium conjunctivum*; *C Cerebellum*; *VIII Ganglion laterale VIII*; *VII Facialis*; *Vm Quintus R. motoria*.

gedrängt (Fig. 448, 449, 466, 480). Hier treten dann als weitere Eigenthümlichkeiten noch folgende auf. Einmal wird die genannte Wurzel von allen oder wenigstens der grossen Mehrzahl der Vagus- und Glossopharyngeuswurzeln durchsetzt und durch dieselben in einzelne Unterabtheilungen zerklüftet (Fig. 447, 466). Zweitens treten auch Kleinhirn-Olivenfasern in grösserer oder geringerer Zahl durch dieselbe durch (Fig. 449, 467).

Bis zum Auftreten des *Acusticus* grenzt die sensible Quintuswurzel unmittelbar an den allmählich sich entwickelnden *Pedunculus cerebelli* oder das *Corpus restiforme,* von da an schiebt sich der *Nervus vestibuli* zwischen beide Theile hinein und trennt dieselben (Fig. 453), während andererseits, wie wir schon sahen, die austretende Facialiswurzel an deren medialer Seite liegt. Mit dem Erscheinen des *Corpus trapezoides* und der *Crura cerebelli ad pontem* wird dann endlich die Quintuswurzel noch mehr in die Tiefe gedrängt und nimmt die Stellung ein, welche aus den Fig. 452, 454, 455, 456, 466, 471 sich herausstellt, wobei besondere Beachtung verdient, dass dieselbe schliesslich dem Boden der Rautengrube näher liegt, als der ventralen Fläche der Brücke.

In Frontalschnitten erscheint die sensible Trigeminuswurzel **S**-förmig gebogen (Fig. 494), so dass die caudale Hälfte derselben eine Konvexität nach der lateralen Seite und ihr cerebraler Abschnitt eine solche nach der medialen Seite darbietet.

Der Endkern der sensiblen Trigeminuswurzel begleitet dieselbe in ihrem gesammten Verlaufe und liegt an der medialen Seite derselben. Derselbe ist die unmittelbare Fortsetzung der *Substantia gelatinosa* und des *Caput cornus posterioris* des Rückenmarks, so dass in keiner Weise zu bestimmen ist, wo der eine Theil endet und der andere beginnt. Dieser Endkern enthält eine grosse Menge mittelgrosser multipolarer Nervenzellen, deren nervöser Fortsatz nie auf eine grössere Strecke zu verfolgen war, keine Verästelungen darbot und z. Th. dorsalwärts, z. Th. medianwärts und ventralwärts verlief. Was die Autoren bisher als sensiblen Trigeminuskern *(Convolutio trigemini)* bezeichneten, ist nichts als der innerhalb der Brücke gelegene Theil des Endkernes, der hier aus einer gewissen Zahl von grösseren und kleineren, zwischen die Trigeminusfasern eingestreuten Nestern von grauer Substanz besteht und besser entwickelt ist als weiter spinalwärts (Fig. 454).

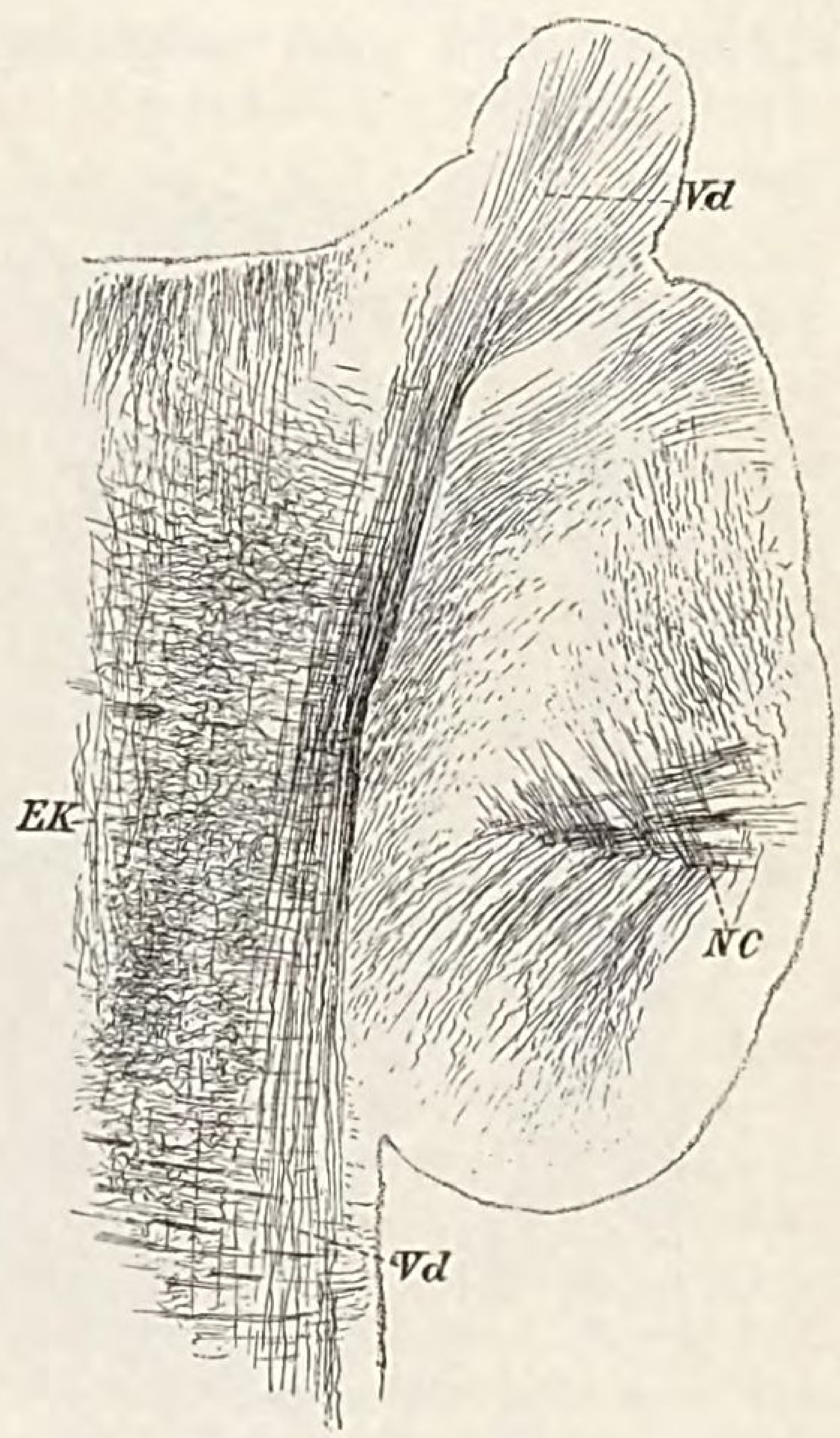


Fig. 495.

Fig. 495. Theil eines Frontalschnittes der *Medulla oblongata* einer neugeborenen Katze. Schnitt 3, Pr. 5, geringe Vergrösserung, *Golgi*. *NC Nervus cochleae* mit Theilungen; *Vd* sensible Quintuswurzel; *EK* Endkern des *V.* (*Subst. gelatinosa*).

Den feinsten Bau dieser Quintuswurzel anlangend, wie er an *Golgi*-schen Präparaten sich zeigt, so ergeben Präparate von neugeborenen Katzen an Längs- und Querschnitten folgendes:

Im Stamme der Wurzel finden sich eine bedeutende Zahl von Theilungen der einzelnen Wurzelfasern, die meist unter spitzen Winkeln erfolgen, aber auch unter rechten Winkeln vorkommen; doch sind diese Theilungen nicht ganz denen der Fasern der sensiblen Rückenmarkswurzeln vergleichbar, indem dieselben einmal allem Anscheine zufolge lange nicht alle Wurzelfasern betreffen und zweitens, was jedoch minder wichtig ist, die Theilungsäste, wo sie vorkommen, nicht nach entgegengesetzten Richtungen auseinandertreten, sondern schliesslich alle caudalwärts weiter ziehen.

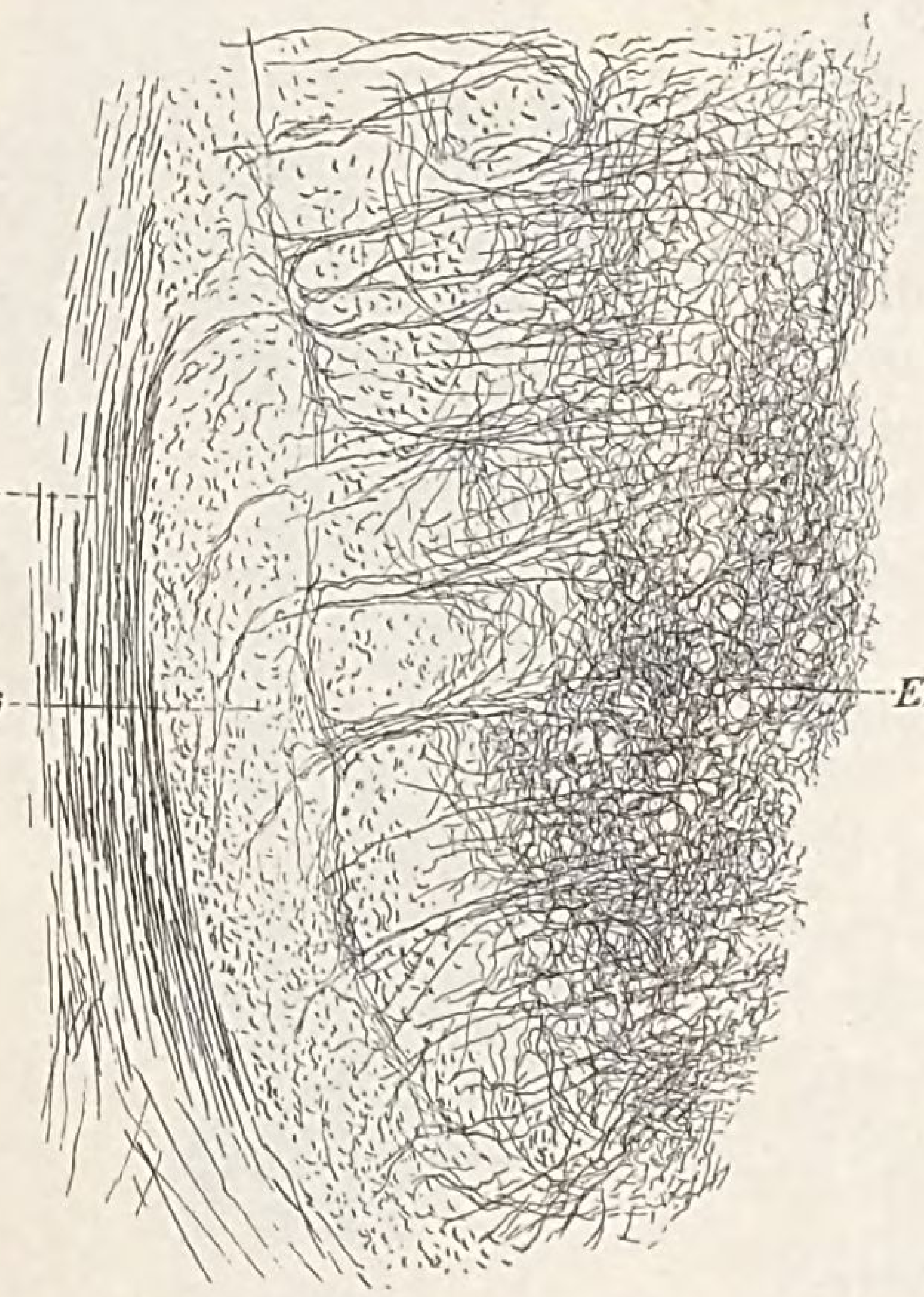


Fig. 496.

Im weiteren Verlaufe verhalten sich dann die sensiblen Quintusfasern im Wesentlichen wie die sensiblen Wurzelfasern der Rückenmarksnerven, und zeigen einmal eine grosse Anzahl von Collateralen und zweitens direkte Endigungen. Die ersteren gehen, wie überhaupt solche Collateralen, meist unter rechten Winkeln von den Stammfasern ab, sind alle ohne Ausnahme medianwärts gerichtet, und zeigen in ihrem Verlaufe zahlreiche, öfter sich wiederholende spitzwinklige Theilungen. Die unmittelbaren Endigungen der Stammfasern erscheinen wie beim Rückenmarke als unter rechten Winkeln stattfindende Umbiegungen, welche alle nach kürzerem oder längerem Verlaufe mit feinen Verästelungen ausgehen. Beiderlei Fasern zusammen bewirken an Längs- und Querschnitten dasselbe Bild wie am Rückenmarke von zahlreichen, neben- oder hintereinander gelegenen Faserbündelchen, die dem Endkerne zustreben und in denselben eintreten (Fig. 495).

Die letzten Endigungen dieser beiderlei Fasern anlangend, so halte ich für sicher, dass die Stammfasern in dem Endkerne selbst ihr Ende erreichen, indem dieselben die Nervenzellen desselben von allen Seiten umgeben und einhüllen. Und zwar finden sich hier so wunderbar reiche Endbüschel (Fig. 496), wie ich sie in keinem anderen Kerne schöner gesehen, an denen besonders das auffallend ist, dass dieselben oft in ihrem gesammten Verlaufe wie als besondere

Fig. 496. Aus der *Medulla oblongata* der neugeborenen Katze. Stärkere Vergr. Präp. Nr. 6, *Golgi*. *Rs Radix sensibilis quinti*; *EK* Endkern derselben (*Substantia gelatinosa*) mit vielen in demselben endenden Collateralen, *Fa Fibrae arcuatae superficiales laterales dorsales*.

Bäumchen erscheinen. Auch von den Collateralen scheint ein Theil in dem Endkerne auszugehen, dagegen ist sicher, dass hier auch andere Beziehungen sich vorfinden und zwar vor allem zu den motorischen Ursprungskernen des *Hypoglossus, Facialis* und *Quintus*. Am leichtesten sind diese sensiblen Quintuscollateralen in den letztgenannten beiden Kernen nachzuweisen, nur andeutungsweise im *Hypoglossus*. Zum *Facialis* treten ganz zusammenhängende Bündel solcher Collateralen, die ich am schönsten beim neugeborenen Kaninchen sah. Höchst wahrscheinlich erhält auch die *Portio motoria* X. et IX. solche Quintuscollateralen. Alle diese Collateralen enden, wie im Marke, mit feinen Verästelungen und Endbäumchen um die betreffenden Zellen herum.

Verbindungen des Endkernes der sensiblen Trigeminuswurzel. Diese noch nicht bekannten Verbindungen sind an *Golgi*'schen Präparaten von Embryonen leicht nachzuweisen. Aus dem Endkerne dieser Wurzel entspringen nämlich allerwärts innere Bogenfasern, welche, den Schleifenfasern sich beimengend, die *Raphe* überschreiten, und jenseits derselben wohl unzweifelhaft wie diese zu Längsfasern sich umbiegen und in der Haube zum Gehirne weiter ziehen, wo wir deren Verlaufe weiter nachspüren werden. Diese Trigeminusschleifenfasern geben auf ihrem Wege zahlreiche Collateralen ab, die vielleicht bestimmt sind, auf die grossen multipolaren Zellen der *Subst. reticularis alba et grisea* einzuwirken.

Von Ursprüngen und Verbindungen des sensiblen Theiles des *Trigeminus*, die als vorläufig nicht gesicherte zu bezeichnen sind und von mir nach meinen bisherigen Erfahrungen nicht bestätigt werden konnten, erwähne ich folgende:

1. Eine mittlere sensible Wurzel, die mit der *S. ferruginea* in Verbindung stehen soll. Dieses von *Meynert* am einlässlichsten beschriebene Bündel soll als ein 0,8 mm dickes *Stratum* unter dem grauen Boden der Rautengrube quer medianwärts verlaufen, das hintere Längsbündel durchbrechen, durchflechten und umkreisen, mit dem Bündel der anderen Seite gekreuzt auf die andere Seite sich begeben, um dann in den Quintusstamm einzutreten (*Meynert*, Fig. 252, 253, 256). Anders fasst *Duval* diese Wurzel auf, indem er dieselbe aus der *S. ferruginea* direkt lateralwärts an den Quintusstamm derselben Seite sich anschliessen lässt (Journ. de Robin et Pouchet 1877, Pl. 31, Fig. 9 et 10 X; 1878 Pl. II, Fig. 1, 2 2) und die von *Meynert* geschilderte Kreuzung leugnet. Andere Autoren, wie *Huguenin* und *Forel*, bestreiten überhaupt das Vorkommen einer mittleren sensiblen Wurzel. Ich kann die Beobachtungen von *Meynert* insofern bestätigen, als auch ich aus der Gegend der *S. ferruginea* die von ihm beschriebenen Faserbündel herkommen sehe. Was aber aus diesen horizontalen, oberflächlich verlaufenden Fasern wird, ist eine andere Frage. Ein Theil derselben wandelt sich noch auf derselben Seite durch bogenförmige Umbiegungen in Fasern um, die in dorso-ventraler Richtung parallel der *Raphe* in die *S. reticularis* übertreten und nach kürzerem oder längerem Verlaufe in derselben in einer Gegend, dorsalwärts vom *Lemniscus medialis*, sich verlieren, die stärkere Längsbündel enthält. Ein anderer Theil der genannten Fasern geht durch das dorsale Längsbündel selbst oder an der dorsalen Seite desselben zur *Raphe*, kreuzt sich hier mit nach der dorsalen Seite konkaven Zügen mit denen der anderen Seite und verliert sich dann in derselben Weise in der Gegend der *S. ferruginea*, ohne dass jedoch einzelne Fasern in ihrem Gesammtverlaufe zu verfolgen wären. Von einem Anschlusse dieser Fasern an die sensible Trigeminuswurzel im Sinne von *Meynert* und *Duval* war nirgends etwas zu sehen, dagegen entstand oft der Anschein von Verbindungen mit der absteigenden und der motorischen Wurzel. (Siehe unten bei diesen.) Alles zusammengenommen, wüsste auch ich über die Bedeutung der *S. ferruginea* nichts Bestimmtes auszusagen.

2. *Meynert* unterscheidet auch Kleinhirnwurzeln des *Trigeminus*, die neben dem Bindearme, denselben durchsetzend und umgürtend, aus dem kleinen Gehirne austreten

(lc. Fig. 252, 253, 5 c). Auch *Huguenin* bildet diese Fasern ab (Fig. 104); ebenso *Edinger* (3. Aufl., Fig. 93). *Krause* und *Schwalbe* (S. 682) halten das Vorkommen solcher Wurzeln aus entwicklungsgeschichtlichen Gründen für wahrscheinlich. *Bechterew* u. A. leugnen das Vorkommen solcher Fasern, von denen auch ich nichts wahrzunehmen vermochte.

Die motorischen Quintuswurzeln zerfallen in eine grösserere, die eigentliche motorische Wurzel, und in eine kleinere, die gemeinhin die absteigende heisst, und die ich die cerebrale oder absteigende nennen will, deren physiologische Bedeutung noch nicht als ganz gesichert angesehen werden kann.

Die eigentliche motorische Wurzel entspringt in einem besonderen Kerne, dem motorischen Quintuskerne *(noyau masticateur* der Franzosen), welcher, in der Längsrichtung durch einen kleinen Zwischenraum vom Facialis- und Abducenskerne getrennt, an der medialen Seite des cerebralen Endes der sensiblen Wurzel seine Lage hat (Fig. 497, *Vm*) und gewissermassen die Fortsetzung des Facialiskernes bildet, wenn derselbe auch etwas weiter dorsalwärts gelegen ist als dieser. Zur genaueren Bestimmung der Lage dieses Kernes sei noch erwähnt, dass derselbe mit seinem caudalen Ende in Einer Höhe liegt mit dem cerebralen Stücke der kleinen Olive und der Umbeugung des 2. Abschnittes der Facialiswurzel in das austretende Wurzelstück dieses Nerven, während sein cerebrales Ende etwas über die sensible Quintuswurzel hinausragt. In Betreff der Ausdehnung dieses Kernes ist zu bemerken, dass dasselbe beim Menschen im Ganzen über 50 Schnitte sich erstreckt und im Querschnitte länglich rund erscheint mit einer Höhe von 2,28—3,37 mm und einer Breite von 1,2—1,4 mm. Seine Elemente sind grosse multipolare Zellen von 50—60—70 μ, die an *Golgi*'schen Präparaten unverästelte nervöse Fortsätze darbieten.

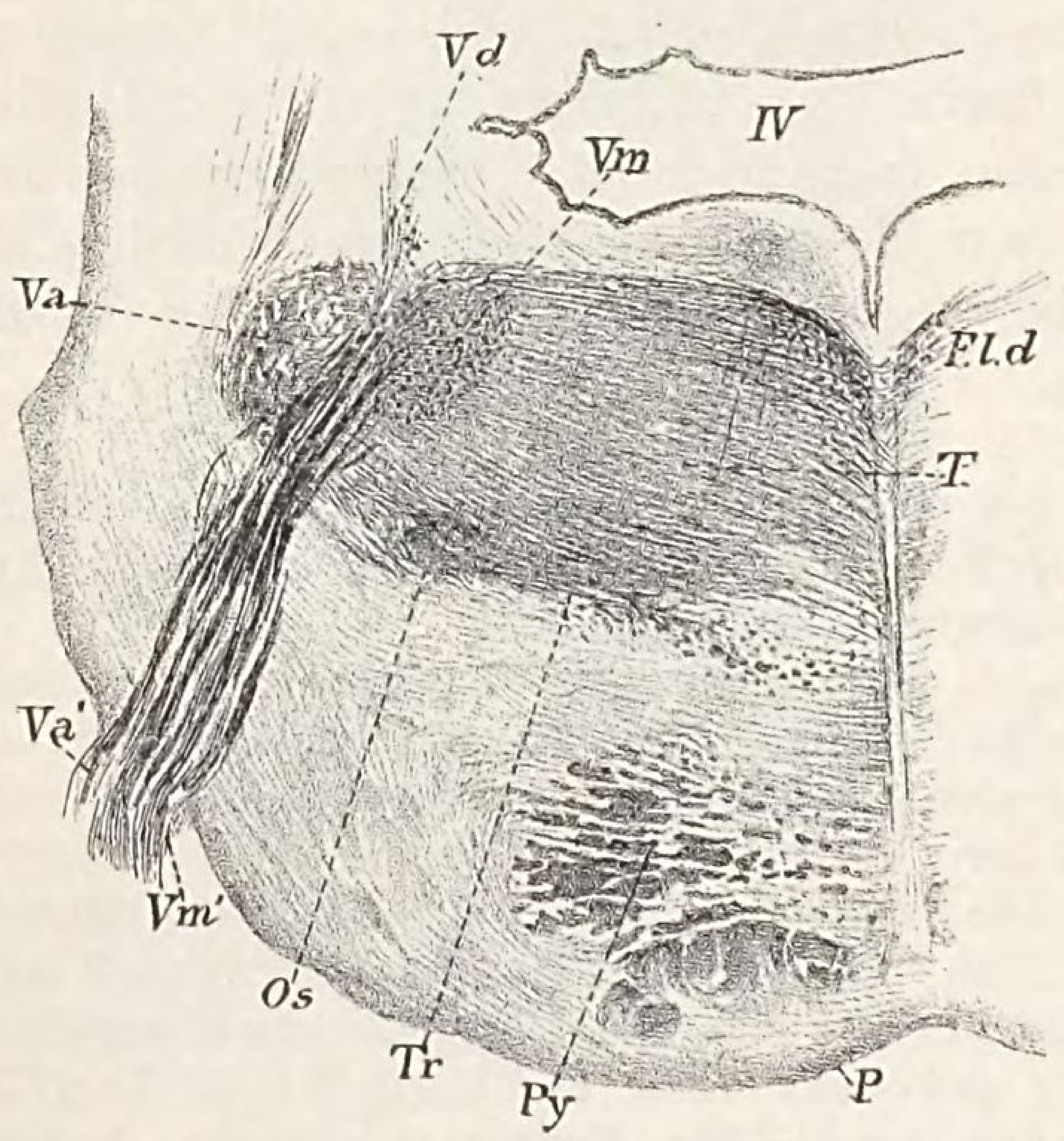


Fig. 497.

Mehrere Autoren, von Neueren *Obersteiner, Edinger, Bruce*, nehmen eine theilweise Kreuzung der motorischen Wurzeln an, so dass jede Wurzel aus beiden Kernen ihren Ursprung nehmen würde. Ich habe dieser

Fig. 497. Querschnitt der Brücke am Trigeminusaustritte eines menschl. Embryo von sechs Monaten. Vergr. 1 : 6, Nr. 102, 103. *P* Pons; *Py* Pyramis, beide marklos; *T* Tegmentum; *Os* kleine Olive, grösstentheils marklos; *Fl.d Fasc. long. dors.* markhaltig; *Vm* motorischer V.-Kern; *Vm'* motorische Wurzel; *Vd Quintus descendens* mit Kerntheilen; *Va* spinale Trigeminuswurzel quer; *Va'* Austritt derselben; *IV* Ventriculus IV. *Weigert.*

Frage alle Aufmerksamkeit gewidmet und glaube in der That berechtigt zu sein, beim Kaninchen eine solche Kreuzung anzunehmen. Bei neugeborenen Thieren ergiebt sich (Fig. 498), dass von zwei Seiten her Faserbündel an den motorischen Kern herantreten, einmal die genuine motorische Wurzel, die hier den Kern in einem grossen Bogen lateral- und dorsalwärts umfasst und von der Konkavität desselben die zahlreichsten Fasern zwischen die Zellen des Kernes hineinsendet. Zweitens kommen aber auch von der medialen Seite von der *Raphe* und einer oberflächlichen dorsalen Faserlage her ganz entschieden zahlreiche Fasern in den Kern, die z. Th. ein stärkeres Bündel bilden, z. Th. mehr einzeln verlaufen. Da nun auch die echte Wurzel mit ihrem Ende in diese oberflächliche Faserschicht ausgeht, so scheint mir für dieses Geschöpf ein theilweise gekreuzter Ursprung der motorischen Wurzel festgestellt.

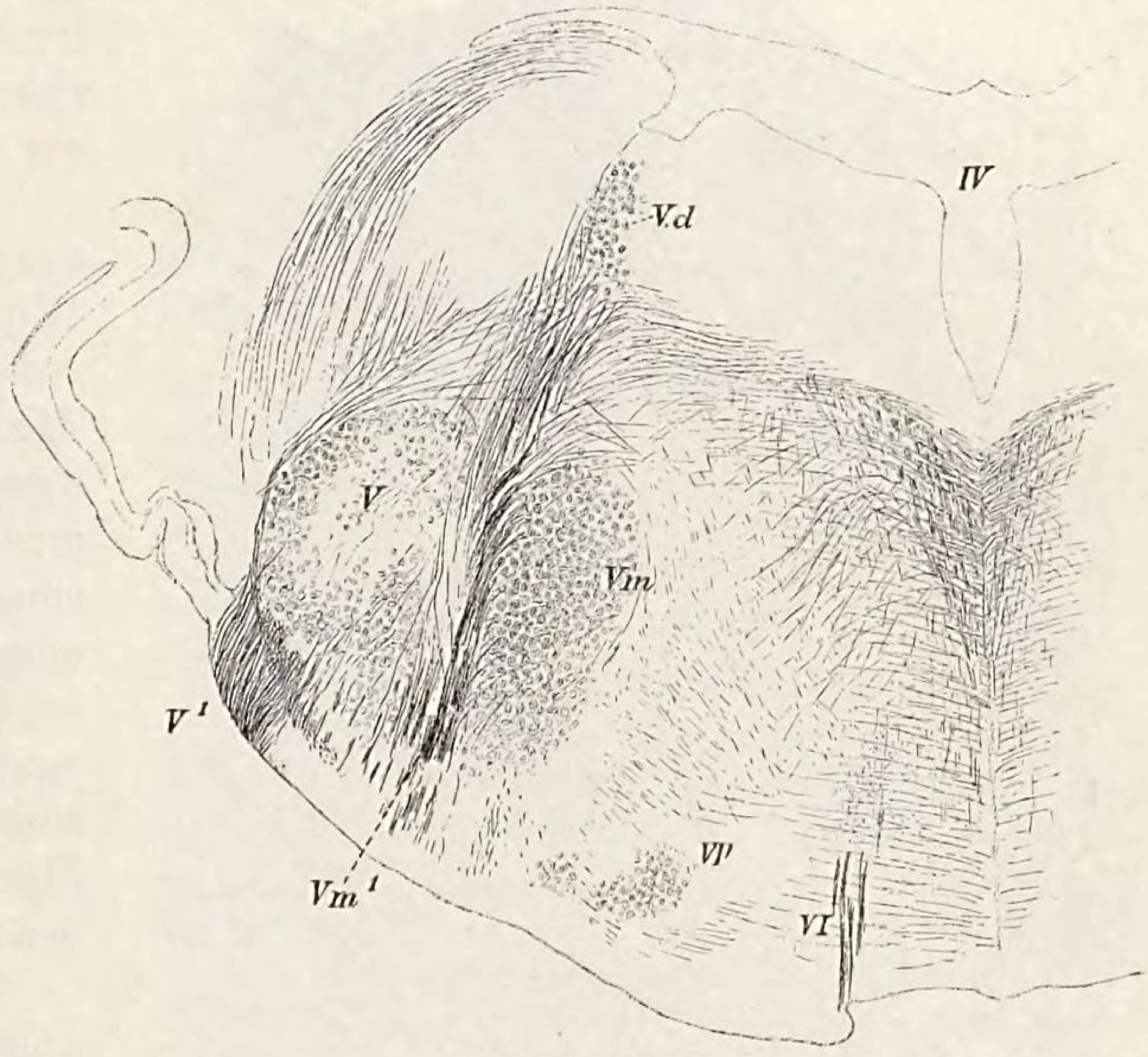


Fig. 498.

Beim Menschen ist es mir nicht gelungen, mit voller Sicherheit einen theilweise gekreuzten Ursprung der fraglichen Quintuswurzel nachzuweisen, indem das oberflächliche Faserbündel wohl mit beiden motorischen Wurzeln zusammenhängt, aber kein besonderes Bündel zur medialen Seite des Kernes abgiebt. Natürlich ist durch diesen Befund das Vorkommen einer Kreuzung nicht ausgeschlossen. Die betreffenden Fasern hängen in der Gegend der *Raphe* und lateralwärts davon mit den Fasern zusammen, die aus dem *Locus cœruleus* stammen (siehe oben), doch lässt sich ziemlich bestimmt sehen, dass die letzteren feiner, die ersteren gröber sind.

Von den Verbindungen des motorischen Kernes wurden diejenigen mit der sensiblen Quintuswurzel bereits erwähnt und vermitteln dieselben die von derselben ausgehenden Reflexe auf die Kaumuskeln. Andere solche

Fig. 498. Querschnitt der *Medulla oblongata* eines neugeborenen Kaninchens. Nr. 41, *Weigert*. Geringe Vergrösserung. *Vm'* motorische Trigeminuswurzel; *IV Ventriculus quartus*; *Vm* Kern des *Quintus motorius*; *Vd Quintus descendens* mit Kern; *V* Endkern der sensiblen Wurzel; *V'* austretende sensible Wurzel; *VII* Facialiskern; *VI* Abducenswurzel. Von den oberflächlichen horizontalen Fasern stammen die lateralen aus der motorischen Wurzel derselben Seite, die medialen z. Th. von dem Kerne der anderen Seite.

Verbindungen mit centripetalleitenden Elementen tieferer Theile, ja selbst des Rückenmarks, lassen leicht sich herleiten durch Collateralen der Längsbündel der Haube, die die ganze *Substantia reticularis* in reichlichster Menge durchziehen (Entstehung von *Trismus* durch periphere Reize). Die nothwendig anzunehmenden Beziehungen der Willkürbahnen zu dem motorischen Quintuskerne sind nicht direkt anatomisch zu bestimmen, doch steht nichts der Annahme im Wege, dass Pyramidenfasern entweder durch die geraden Fasern der *Raphe* oder vermittelst dorso-ventraler Fasern der *Substantia reticularis* gekreuzt auf diesen Kern einwirken.

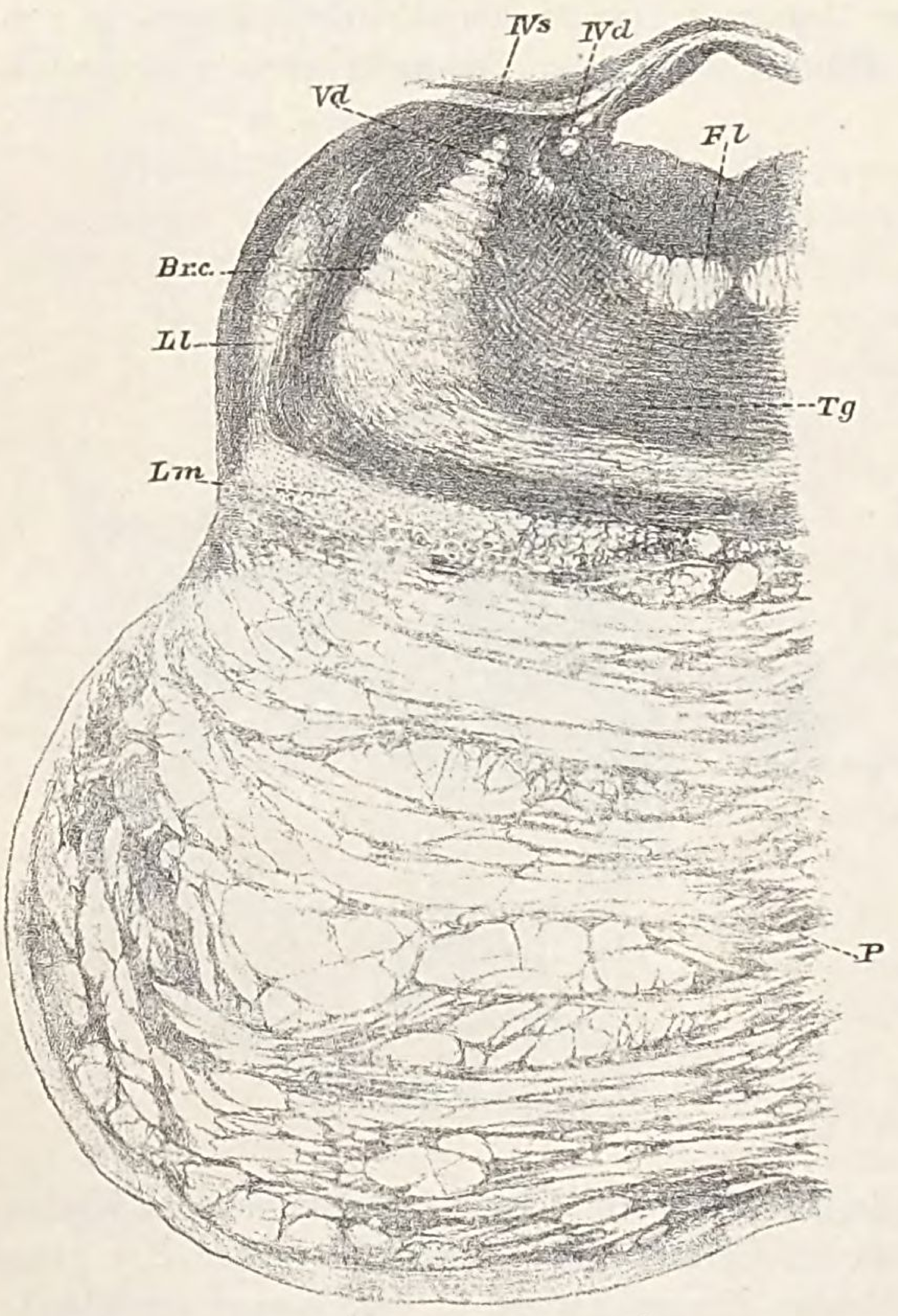


Fig. 499.

Die kleinere oder cerebrale motorische Wurzel (die vordere Wurzel, die trophische Wurzel *Merkel's*) zeigt ein ganz eigenthümliches Verhalten, indem dieselbe nicht aus einem geschlossenen, scharf umgrenzten Kerne stammt, sondern ihre Fasern aus weit zerstreuten, grösstentheils vereinzelt oder nur in kleinen Häufchen beisammen liegenden Zellen bezieht.

Geht man bei der Beschreibung dieser Wurzel von der Gegend des *Velum medullare vermis* und der Kreuzungsstelle der *Trochleares* aus (Fig. 499), so findet man hier zwischen der dorsalen Spitze des Bindearmes und dem Querschnitte der zur Kreuzung sich anschickenden Wurzel des *Trochlearis* einen halbmondförmigen Querschnitt grober Nervenfasern, dessen grösste Breite 0,28 mm und dessen Sehne 1,24 mm beträgt. Die Lage dieses Querschnittes zur seitlichen Ausbuchtung des 4. Ventrikels, sowie zum *Fasciculus longitudinalis dorsalis* wird ebenfalls aus der Fig. 499 deutlich und ferner ergiebt sich aus derselben auch,

Fig. 499. Querschnitt der Brücke. Karmin-Präp. 317, Vergr. 4 : 1 in der Gegend der Trochleariskreuzung im *Velum medullare dorsale*. *Br.c Brachium conjunctivum*; *Vd Quintus descendens*; *IVd* Trochleariswurzel der rechten Seite; *IVs* Trochleariswurzel der linken Seite; *Fl Fasciculus longitudinalis dorsalis*; *Tg* Tegmentum oder *Substantia reticularis*; *Lm Lemniscus medialis*; *Ll Lemniscus lateralis s. Laqueus*; *P* Pyramidenbündel und Querfasern der Brücke.

dass die Zellen der *Substantia ferruginea* zwischen der fraglichen Quintuswurzel und dem dorsalen Längsbündel ihren Sitz haben. — Um den genannten Querschnitt herum finden sich eine gewisse geringe Anzahl grosser runder, oder eiförmiger oder spindelförmiger häufig leicht pigmentirter Nervenzellen, von 40—60—80 μ, die denen der *Substantia ferruginea* zwar ähnlich sehen, aber doch in der Regel grösser, heller und weniger gefärbt sind und darum und ihrer kugeligen Form halber von den Autoren als „blasig" bezeichnet werden, ohne wirklich diesen Namen zu verdienen (Fig. 500). Bemerkenswerth ist das ungemein feinkörnige Protoplasma dieser Zellen, das an Karminpräparaten ein ganz homogenes eigenthümliches Aussehen annimmt, wie nicht leicht andere Nervenzellen ein solches darbieten. Die Kerne dieser Zellen sind eher klein, scharf gezeichnet mit deutlichem Nucleolus.



Fig. 500.

Verfolgt man den beschriebenen Querschnitt der absteigenden Quintuswurzel cerebralwärts, so ergiebt sich, dass derselbe nach und nach in ein dünnes gebogenes Band übergeht (Fig. 501), welches allmählich an den *Fasciculus longitudinalis* sich anschliesst und ohne Abgrenzung mit demselben zusammenhängt. Ohne Ausnahme liegt die Trochleariswurzel, mag dieselbe aus Einem oder mehreren Bündeln bestehen, in der medialen Aushöhlung dieses Bandes (Fig. 458), während an die Stelle des tiefer rückenden *Brachium conjunctivum* der *Lemniscus lateralis* und die Bogenfasern des Tegmentum treten (Fig. 458, 460, 501). Während dies geschieht, gestaltet sich der Querschnitt der absteigenden Quintuswurzel immer mehr zu einem ganz dünnen, aber in dorso-ventraler Richtung langen Blättchen um, das genau der lateralen Grenze der den *Aquaeductus Sylvii* umgebenden grauen Substanz (centrales Höhlengrau d. Autoren) folgt und wie diese eigenthümlich geknickt ist (Fig. 460, 501), von welcher Knickung schon die Fig. 499 die erste Andeutung zeigt.

Fig. 500. Aus einem Schnitte der absteigenden Quintuswurzel des Menschen aus der Gegend der Trochleariskreuzung, Nr. 323, Karmin. *Vdw* Querschnitte der absteigenden Quintuswurzel; *Vk* Zellen des Kernes dieser Wurzel im Ganzen 7; *f* Zellen der *S. ferruginea* im Ganzen 6; *cgr* centrales Höhlengrau um den *Aquaeductus Sylvii* herum. Stärkere Vergrösserung.

So findet sich diese absteigende Quintuswurzel noch in der Gegend des Trochleariskernes und der spinalen Vierhügel (Fig. 501), fehlt aber auch im Bereiche der cerebralen Vierhügel und der Oculomotoriuskerne nicht (Fig. 460), immer von einer gewissen Zahl der schon beschriebenen grossen Nervenzellen begleitet, die vorzugsweise an der medialen aber auch an der lateralen Seite derselben liegen. Endlich schwinden gegen die *Commissura distalis* zu die Fasern dieser Wurzel immer mehr, an die Stelle der Querschnitte derselben treten schiefe und in den Querschnittsebenen am Rande der centralen grauen Substanz verlaufende bogenförmige Elemente, von denen die letzten wie von der dorsalen Gegend des *Aquaeductus* her ventralwärts verlaufen und von spärlichen Zellen zu stammen scheinen, die ebenfalls in dieser Gegend sich finden.

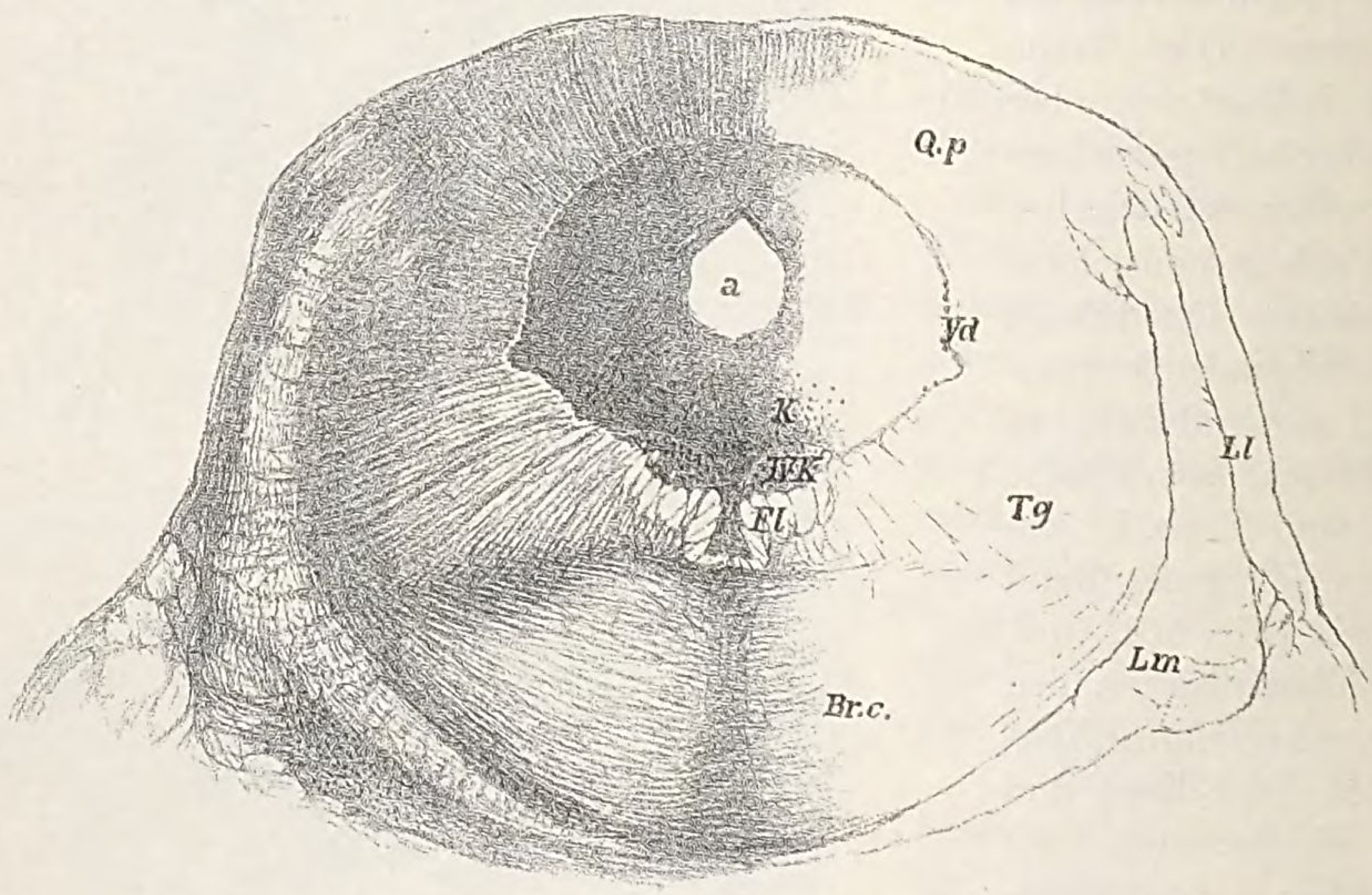


Fig. 501.

Beginnt so die kleine motorische Trigeminuswurzel im Innern der cerebralen Vierhügel ganz unmerklich, so wird dieselbe auf der anderen Seite im Bereiche des *Ventriculus* IV. immer deutlicher. So lange als die Bindearme vorhanden sind, erscheint dieselbe so, wie die Fig. 457 es darstellt, nur dass ihr Querschnitt caudalwärts immer mächtiger wird. In der Gegend, wo diese Bindearme aus dem *Nucleus dentatus cerebelli* sich entwickeln und die kleinen zwischen diesen gelegenen Kerne (der Pfropf-, Kugel- und Dachkern) auftreten,

Fig. 501. Proximaler Theil der Brücke des Menschen in der Gegend des hintern Hügelpaares mit dem Trochleariskerne quer, Carmin. Vergr. 4 : 1, Nr. 389, 394, 396. *a Aquaeductus Sylvii* mit der denselben umgebenden grauen Substanz, die bei *kk* in der Mitte und seitlich Anhäufungen grösserer Zellen zeigt; *Q.p* distaler Vierhügel mit Andeutungen von Bogenfasern gegen die graue centrale Substanz zu; *Fl Fasciculus longitudinalis dorsalis*; *IVK* Kern des Trochlearis; *Br.c* verschmolzene Bindearme; *Tg* Tegmentum oder *S. reticularis*; *Vd Radix descendens trigemini* mit einigen grossen Zellen an ihrer medialen Seite; *Ll Lemniscus lateralis*; *Lm Lemniscus medialis.*

beginnt dann die *Radix descendens* zum Austritte sich anzuschicken und zeigt sich an Querschnitten in Form kurzer, dünner, in dorsoventraler Richtung verlaufender Bündel, welche immer länger werdend, zuletzt die Querschnitte ganz verdrängen. Diese Gegend entspricht dann auch der Austrittsstelle der sensiblen und der motorischen Wurzel und lässt sich leicht beobachten (Fig. 498, 502), wie die absteigende Wurzel zwischen die beiden anderen sich hineinschiebt und der motorischen Wurzel sich anschliesst.

Die grossen rundlichen Zellen, welche den ganzen Verlauf der absteigenden Quintuswurzel begleiten, fehlen auch in dem zweiten hier beschriebenen Abschnitte der Wurzel nicht und sind gerade im letzten Theile desselben unmittelbar vor dem Austritte der Wurzel so entwickelt (Fig. 498), dass dieselben einen besondern Kern bilden. (S. auch *Merkel* l. c. Fig. 5 und *Duval* Journ. de l'Anat. et de la Phys. 1879, Pl. 37, Fig. 3; Pl. 38, Fig. 3.) *Merkel* schildert diese Zellen als bipolar und giebt weiter an, dass dieselben alle einen feineren centralen und einen groben peripherischen Ausläufer besitzen (l. c. Fig. 1), welche beide Achsencylinderfortsätze darstellen. Nach dieser Schilderung würden somit mitten im Gehirn bipolare Nervenzellen vorkommen, wie im *Acusticus* und in den Ganglien niederer Wirbelthiere, und wäre bei dem jetzigen Stande der feineren Nervenanatomie nur Eine Auffassung möglich, nämlich die, dass die absteigende Wurzel des *Trigeminus* ein sensibler Nerv ist, der die Ursprungsstelle seiner Nervenfasern mitten im Gehirn hat. Die feinen centralen Fasern von *Merkel* müssten in diesem Falle in derselben Weise als Endfasern angesehen werden, wie die in das Rückenmark eintretenden Elemente der Spinalganglien.

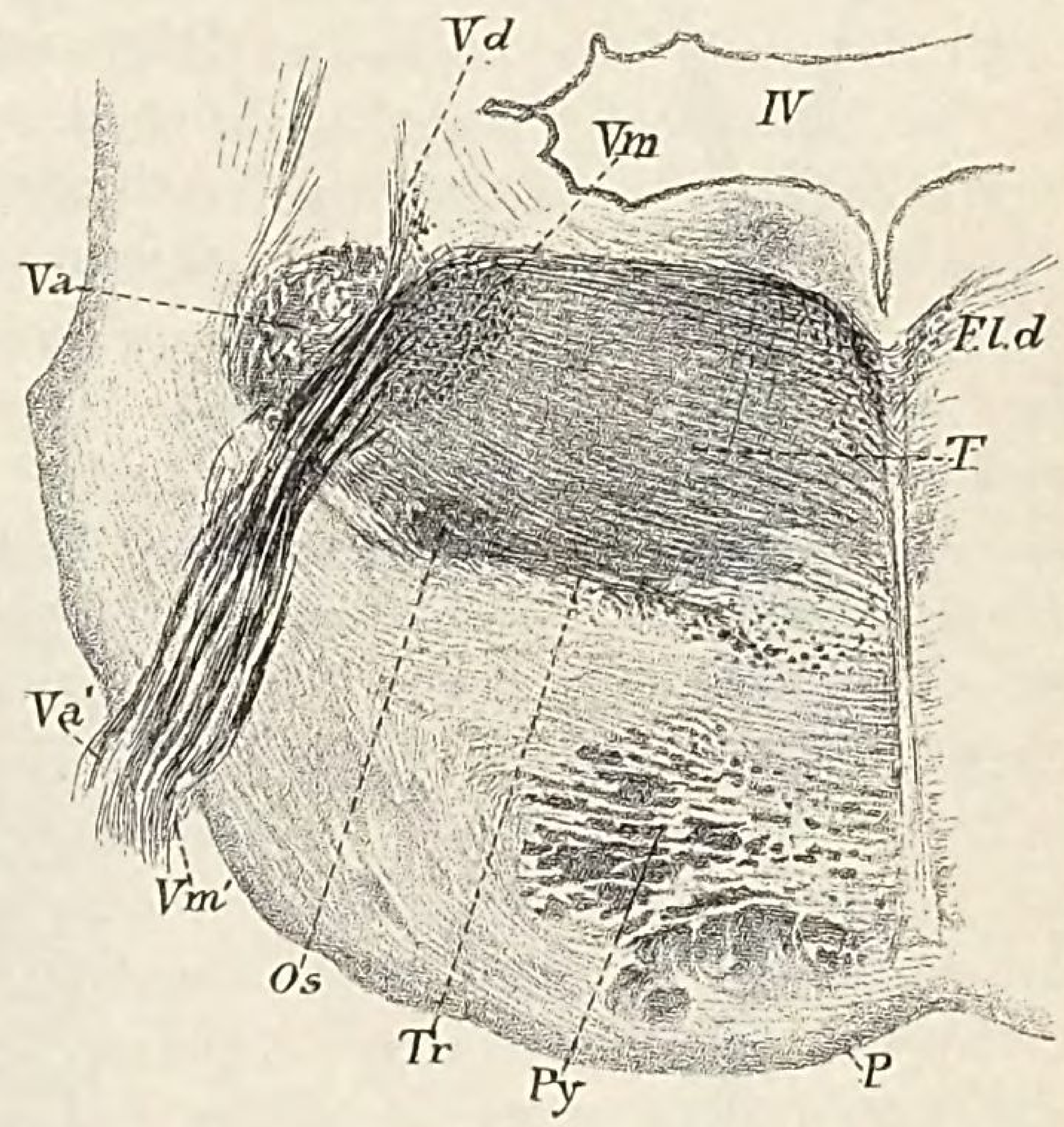
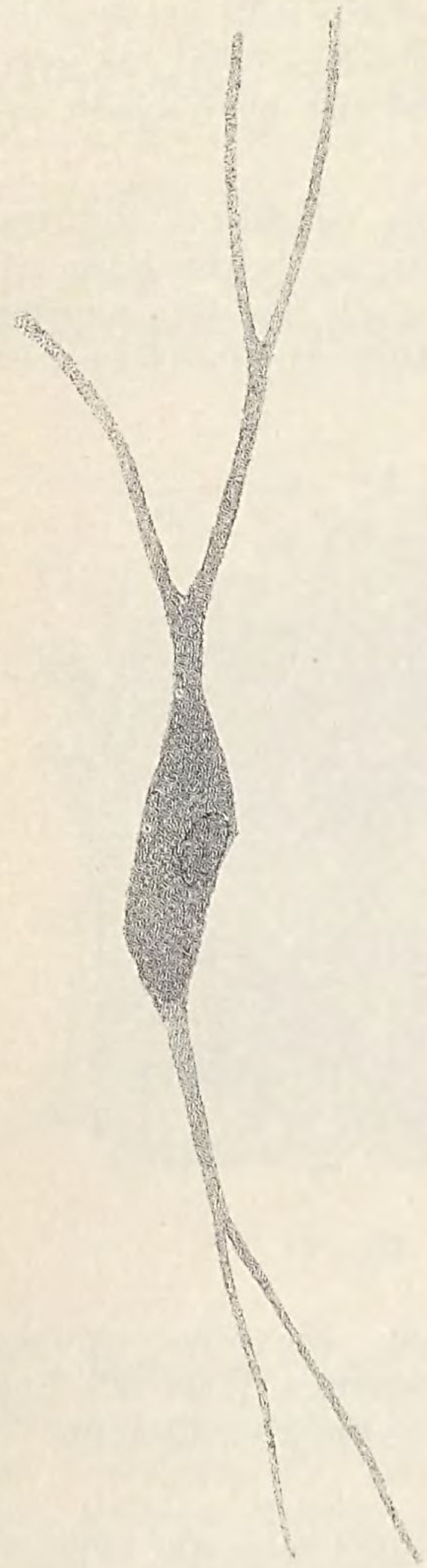


Fig. 502.

Erscheint schon an und für sich eine solche Auffassung als wenig zusagend, so wird dieselbe noch weniger annehmbar, wenn man bedenkt, was auch *Merkel* bekannt war, dass die Fasern der sensiblen Trigeminuswurzel fein, diejenigen der absteigenden Wurzel dagegen sehr stark, ja selbst stärker als diejenigen des *Trochlearis* sind (Fig. 500). Aus diesem Grunde habe ich eine genaue Prüfung der fraglichen Ursprungszellen vorgenommen und hierbei die bestimmte Ueberzeugung gewonnen, dass dieselben multipolar sind. Da in noch so gut gefärbten Silberpräparaten diese Zellen sich nicht färben, so

Fig. 502. Austrittsstelle des Quintus aus dem verl. Marke eines neugeborenen Kaninchens. Ger. Vergr. Erklärung bei Fig. 498.

wählte ich gute Karminpräparate und fand dann bei der Durchmusterung einer vorzüglichen Serie vom Menschen, dass in einer gewissen Zahl von Fällen mit voller Sicherheit mehr als zwei Fortsätze an diesen Zellen nachzuweisen sind, und zwar entweder drei oder vier, von welchen einer der überzeugendsten in der Fig. 503 dargestellt ist. In derselben ist auch eine scheinbar bipolare Zelle wieder gegeben, deren beide Fortsätze, im Gegensatze zu der Angabe von *Merkel*, gleich stark sind und im weiteren Verlaufe der eine in zwei, der andere in drei Aeste ausläuft, von denen vielleicht Einer als Achsencylinderfortsatz anzusehen ist. Diesen Ergebnissen zufolge nehme ich an, dass die Ursprungszellen der absteigenden motorischen Wurzel nur Einen Achsencylinderfortsatz besitzen, und dass die andern Fortsätze derselben verästelte Dendriten sind, wenn es mir auch bisher nicht gelang, reichere Verästelungen zu sehen.



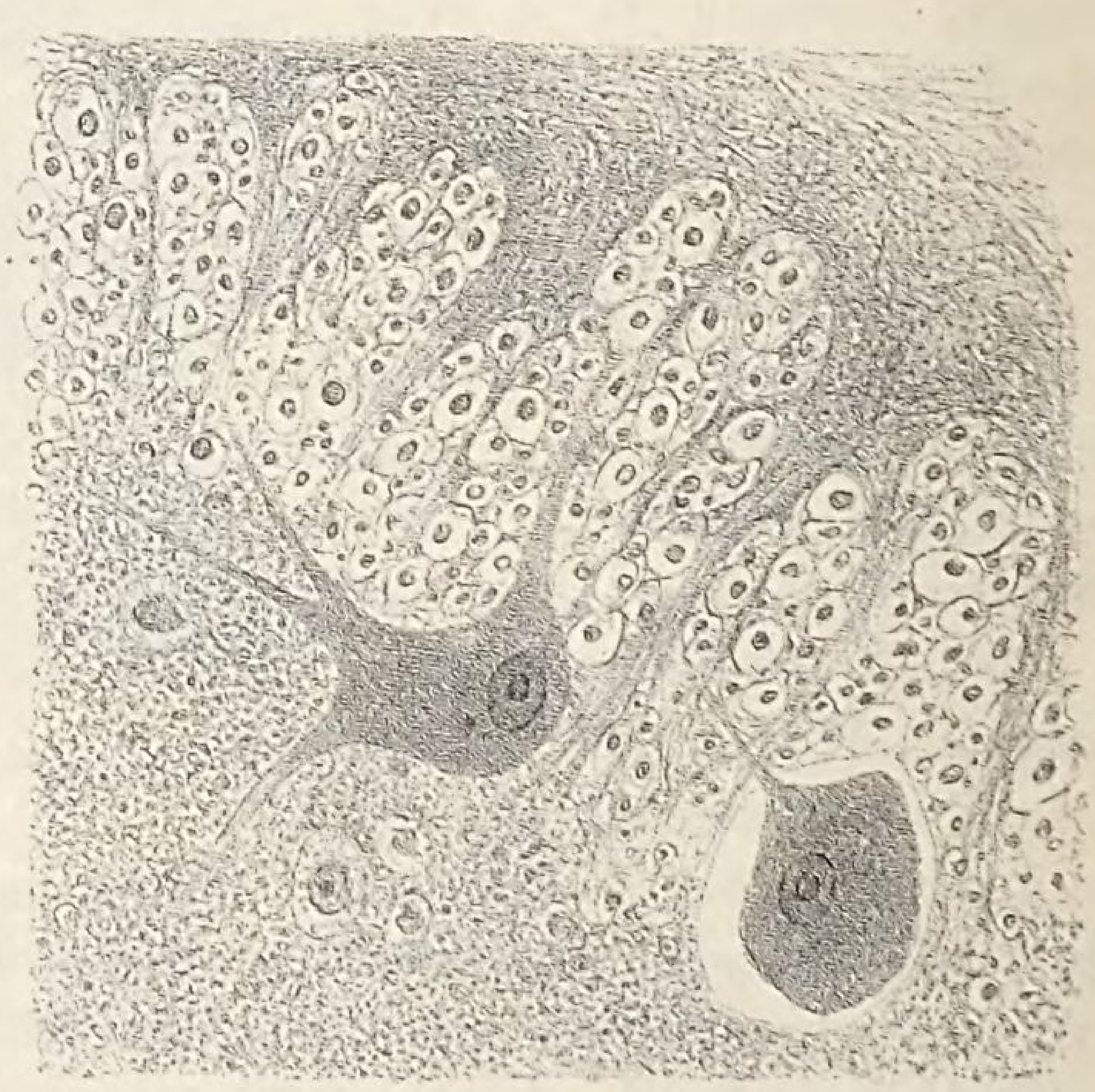


Fig. 503.

Fig. 503. Aus dem *Ramus descendens quinti* des Menschen, Carmin. Starke Vergrösserung. Von dem einen Präparate Nr. 400 sind ausser den Querschnitten von Wurzelfasern zwei Zellen dargestellt, eine mit 4 Fortsätzen und eine zweite, die nur einen solchen erkennen liess. Aus dem anderen Präparate Nr. 415 ist nur eine bipolare Zelle besagten Nervens für sich allein gezeichnet.

Diese Zeilen waren schon längst geschrieben, als mir vor ein paar Tagen der Monitore Zoologico Italiano vom 5. Juli in die Hände kam, in welchem *U. Rossi* über eine mir unbekannte Arbeit *Golgi's* referirt (Interno all' origine del quarto nervo cerebrale in Atti della R. Accademia dei Lincei Ser. 5. Rendiconti Vol. 2. 1893). Nur beiläufig erwähne ich, dass *Golgi* die Zellen, die durch *Meynert* zuerst mit Recht als der *Radix descendens quinti* angehörig erkannt wurden, dem *Trochlearis* zuschreibt, eine Ansicht, von deren Unrichtigkeit Serienschnitte ihn wohl bald überzeugen werden. Wichtiger ist, dass *Golgi* diese Zellen für unipolar erklärt und durch Isolirung derselben von dieser Thatsache sich überzeugt zu haben glaubt. Färbungen dieser Zellen in Silber sind auch *Golgi* nur in „sehr wenigen" Fällen gelungen und erklärt er ebenfalls dieselben als gegen seine Methode sehr rebellisch. — Trotz aller Hochachtung vor meinem gelehrten und so verdienten Freunde muss ich doch *Merkel's* und meine positiven Ergebnisse höher stellen, und kann ich daher davon absehen, die Schwierigkeiten für eine physiologische Erklärung zu betonen, die das Vorkommen unipolarer Zellen im Centralorgane hervorrufen würde, grösser noch als die Annahme bipolarer solcher Elemente im Sinne *Merkel's*.

Mit Bezug auf die Verbindungen der Ursprungszellen der *Radix descendens* V. gelang es mir nicht, irgend etwas Bestimmtes zu ermitteln, mit Ausnahme dessen, dass dieselben am Boden der Rautengrube, da wo sie einen kernartigen Haufen bilden, von feinen Faserverästelungen umsponnen werden, die von Querfasern von der Gegend der *Raphe* abstammen. Diese Querfasern gehören demselben feineren Faserzuge an, von dem schon oben bei Gelegenheit der *Substantia ferruginea* die Rede war und halte ich es nicht für unmöglich, dass ein Theil dieser Fasern auf Pyramidenfasern zurückzuführen ist. Von der lateralen Seite her gehen in diesen Theil des Kernes, ebenso wie in den Kern der echten motorischen Wurzel, Elemente des sensiblen Trigeminusendkernes ein. Zu den im Bereiche der Vierhügel liegenden Theilen der Zellen der absteigenden Quintuswurzel liessen sich solche Elemente nicht nachweisen, wohl aber sind auch hier noch lange horizontale Fasern von Seiten der *Raphe* vorhanden, soweit jedenfalls als die *Substantia ferruginea* diese Quintuswurzel begleitet.

Am spinalen Ende der absteigenden Trigeminuswurzel finde ich in der Gegend des Hauptkernes dieser Wurzel eine auffallende Verbreiterung derselben, sodass dieselbe hier wie eine dicht unter dem Boden der Rautengrube befindliche quere Faserlage erscheint, die halbwegs bis zur *Raphe* reicht.

Als Facit aus allem, was über die absteigende Trigeminuswurzel bekannt ist, stehe ich nicht an, dieselbe als eine motorische zu bezeichnen. Die Dicke ihrer Fasern, der Anschluss an die *Portio minor* und die Unmöglichkeit einer anderen Deutung sind die Hauptargumente. Dazu kommt die Grösse ihrer Ursprungszellen, die freilich nicht entscheidend ist. Welche Muskeln dieser Wurzel unterstehen, ist freilich nicht von Ferne zu errathen; doch darf man vielleicht an den *Tensor veli palatini* und den *Tensor tympani* denken, schwerlich an den *Mylo-hyoideus* und *Biventer anterior*.

In Betreff der Hypothese von *Merkel*, dass die absteigende Wurzel des Trigeminus eine trophische sei, verweise ich auf die Experimente von *Duval* und *Laborde*, die lehren, dass jede Verletzung der sensiblen Trigeminuswurzel

mit Ernährungsstörungen des Bulbus verbunden ist. (Journ. de l'Anat. et de la Phys. 1879, S. 512.)

Die Lage der kleinen motorischen Wurzel des Quintus ist nicht bei allen Geschöpfen die gleiche. Beim Menschen liegt diese Wurzel, wie wir sahen, an der lateralen Seite des *Trochlearis*, bei den Carnivoren (der Katze) dagegen, wie *Duval* richtig angibt, an der medialen Seite dieses Nerven (Journ. d'Anat. de Phys. 1879, Pl. 37, Fig. 1, 2), und bei der Ratte wird nach demselben Autor der *Trochlearis* von der absteigenden Quintuswurzel durchsetzt (l. c. 1878, Nr. 32, Fig. 6), ebenso beim Kaninchen (l. c. Pl. 38, Fig. 1—2).

Nach *Krause* sind die Ursprungszellen der absteigenden Trigeminuswurzel bipolar und soll der medullarwärts gerichtete Eine Fortsatz sich in Dendriten spalten, der andere cerebralwärts verlaufende der Achsencylinderfortsatz sein, der sich wahrscheinlich auch später medullarwärts umbeuge.

§ 145.

VI. Augenmuskelnerven: Abducens, Trochlearis, Oculomotorius.

A. Der Abducens

zeigt sehr einfache Verhältnisse, die z. Th. schon beim *Facialis* erwähnt wurden.

Der Ursprungskern dieses Nerven ist von kugeliger Gestalt und liegt in dem dorsalsten Theile der Haubenregion, z. Th. in der Aushöhlung des inneren Facialiskniees. Genauer bezeichnet gehen die Fasern des Ursprungsschenkels des *Facialis* z. Th. an der dorsalen Seite des Abducenskernes vorbei, um dann in das Mittelstück sich auszubiegen, welches an der medialen Seite des genannten Kernes seine Lage hat (Fig. 491). Da wo dieses Stück alle Wurzeln aus dem Facialiskerne aufgenommen hat, liegt der Abducenskern eine kurze Strecke weit ganz frei, eine Hervorragung unter dem Ependym bildend, wird dann aber sofort wieder von dem austretenden Wurzelstücke bedeckt.

Der Abducenskern besteht aus mittelgrossen multipolaren Zellen von 40 bis 50 μ Durchmesser mit unverästelten nervösen Fortsätzen. Die Abducenswurzeln treten mit einer grösseren Zahl (15—18) von Bündeln, die meist in zwei Längsreihen liegen, in ventro-dorsaler und cerebralwärts geneigter Richtung an der lateralen Seite der Pyramiden durch die Brücke (Fig. 453), durchsetzen das *Corpus trapezoides* und die Schleifenschicht an der medialen Seite der kleinen Olive und treten von der medialen Seite her an den Kern heran (Fig. 455, 488), in den sie von dieser und der dorsalen Seite her mit gebogenen, zierlich pinselförmig auseinander tretenden Fasern eindringen, um in demselben mit den Zellen sich zu verbinden.

Abducensfasern, die die *Raphe* durchsetzen und zum Kerne der anderen Seite gelangen sollen (*Obersteiner*, S. 291), sind mir nicht zu Gesicht gekommen. Ferner hat *Duval* bei einem Affen (*Cynocephalus Papion*) Faserbündel beschrieben, die aus dem Abducenskerne stammend in den *Fasciculus longitudinalis dorsalis* eintreten und von diesem aus mit gekreuzten Bündeln einmal in den *Trochlearis* der anderen Seite und zweitens auch in dem entgegengesetzten *Oculomotorius* übergehen. Diesem zufolge würde der *Abducens* der rechten Seite nicht nur auf den rechten *M. rectus externus*, sondern auch un-

mittelbar auf den linken *Obliquus superior* und auf gewisse vom *Oculomotorius* versorgte Muskeln der linken Seite, wie z. B. auf den *Rectus internus*, einzuwirken im Stande sein (*Duval* et *Laborde*, de l'innervation des Mouvements associés des globes oculaires in Journal d'Anat. et de Phys. 1880, Pl. I). Diesen wichtigen Angaben habe ich beim Menschen alle Aufmerksamkeit zugewendet, war jedoch leider, ebensowenig wie *Gudden* beim Kaninchen, im Stande, die Angaben von *Duval* zu bestätigen, wie bei der Beschreibung des *Oculomotorius* genauer dargelegt werden soll.

Verbindungen des Abducens. Der Abducenskern ist, wie *Golgi*sche Präparate von Neugeborenen und Embryonen lehren, von denselben feinen Faserverästelungen durchzogen, die wir bei allen motorischen Kernen finden und theils auf Enden von Pyramidenfasern, theils auf solche sensibler Elemente beziehen. Da aus diesen Kernen eine Menge feiner Fasern der *Raphe* zustreben, und durch diese auf die andere Seite treten, um als *Fibrae arcuatae* und *dorsoventrales* weiter zu ziehen, so ist ein Antheil der Pyramiden an der Versorgung dieser Kerne leicht erklärlich, wenn auch nicht direkt nachzuweisen. Als sensible Elemente deute ich Collateralen des *Quintus*, die von der lateralen Seite in die genannten Kerne treten. Ausserdem finden sich aber noch räthselhafte, unverstandene Beziehungen zu den kleinen Oliven, welche ein besonderes Faserbündel, den sogenannten Stiel der kleinen Olive zum Abducenskerne senden (Fig. 455). Man ist geneigt, diese Fasern auf den *Acusticus* zu beziehen, der wie wir oben sahen, mit dem *Corpus trapezoides* und durch dieses mit der kleinen Olive in Beziehung steht, und reflektorische Augenbewegungen auf Schalleindrücke von denselben abzuleiten, mit welchem Rechte werden weitere Erfahrungen zu lehren haben. Ebenso nahe liegend scheint es mir, diesen Stiel der kleinen Olive als eine sensible Leitung II. Ordnung durch den *Lemniscus lateralis* mit dem Kerne der proximalen Vierhügel und somit mit dem Opticus in Verbindung zu bringen, zwischen welchem und den Augenmuskelnerven jedenfalls nähere Beziehungen bestehen, als zwischen diesen und dem *Acusticus*, welche jedoch nicht geleugnet werden sollen. Ueber Verbindungen der Kerne aller Augenmuskelnerven mit dem *Fasciculus longitudinalis* siehe beim III. Nerven.

B. Trochlearis.

Der Ursprungskern dieses Nerven liegt in einer dorsalen Aushöhlung oder Vertiefung des *Fasciculus longitudinalis dorsalis* im Bereiche des cerebralen Abschnittes der distalen Vierhügel (Fig. 459) und stellt im Querschnitte eine dorsalwärts halbkugelig vorspringende Zellenmasse dar. Von diesem Kerne aus verlaufen die Fasern des Nerven nicht direkt zu seiner Austrittsstelle am *Velum medullare medium (mihi)*, vielmehr beschreiben dieselben hierbei einen doppelten Bogen. Aus dem lateralen Theile des Kernes entspringend, verlaufen dieselben erst bogenförmig dicht an den *Fasciculus longitudinalis* sich haltend dorsalwärts bis in die Höhe der absteigenden Quintuswurzel, sammeln sich dann beim Menschen an der medialen Seite derselben zu 1—3—4 Bündeln, welche rechtwinklig sich umbiegend spinalwärts weiterziehen (Fig. 458). In der Höhe des *Velum medullare medium* angelangt, wendet sich dann jede Wurzel oder

Wurzelkomplex dorsalwärts in dieses hinein, kreuzt sich in demselben mit dem Nerven der anderen Seite und tritt an der bekannten Stelle aus.

Der Trochleariskern enthält mittelgrosse multipolare Nervenzellen, von 40—50 μ und zeigt an *Golgi*'schen Präparaten von Embryonen und Neugebornen sehr dichte, zierliche, feine Nervenfaserverästelungen um die Zellen herum, die wie in allen motorischen Kernen z. Th. auf Endigungen von Pyramidenfasern, z. Th. auf sensible zuleitende Elemente zu beziehen sind, deren Herkunft auf den *Fasciculus longitudinalis* und den *Opticus* führt, wie dies beim *Oculomotorius* weiter besprochen werden soll.

C. Oculomotorius, gemeinsamer Augenmuskelnerv.

Das 3. Nervenpaar entspringt aus zwei etwa 5 mm (bei der Angabe von *Perlia* von 10 mm ist der obere Oculomotoriuskern von *Darkschewitsch* [s. unten] mitgerechnet, der nicht hierher gehört) langen Kernen, welche im Bereiche des proximalen Vierhügels in der hier vorkommenden starken Aushöhlung der dorsalen Längsbündel ihre Lage haben, spinalwärts an den Trochleariskern angrenzen und wie als Fortsetzungen desselben erscheinen. Ausser diesen mittelgrosse multipolare Zellen enthaltenden Kernen finden sich auch noch weiter dorsalwärts in der an den *Aquæductus Sylvii* angrenzenden grauen Substanz zahlreiche, zerstreut liegende kleinere Zellen, deren Beziehungen zum Oculomotorius nicht so sicher gestellt ist, wie einige Autoren annehmen.

An den eigentlichen Oculomotoriuskernen haben verschiedene Autoren eine grössere oder geringere Zahl von Unterabtheilungen angenommen wie vor allem *Westphal, Perlia, Edinger, Bruce* (siehe die Anmerkung). Ich selbst finde beim Menschen, dass von einer scharfen Abgrenzung von besonderen Kernen kaum die Rede sein kann, und möchte ich vor allem auf eine Thatsache aufmerksam machen, die noch kaum Beachtung gefunden hat, nämlich die, dass an vielen Orten grössere und kleinere Zellenhaufen zwischen den Faserbündeln des *Fasc. long. dorsalis* und selbst an der ventralen Seite derselben sich befinden, sowie dass fast überall zerstreute Zellen zwischen den einzelnen Zellenhaufen und zwar auch in der Medianebene vorkommen.

Die Wurzelfasern des *Oculomotorius* zerfallen in ungekreuzte und in gekreuzte, von denen die ersteren die medialen Faserbündel betreffen und in den cerebralen Theilen der Kerne allein vorkommen. Dieselben dringen als zahlreiche Bündel von verschiedener Stärke mit lateraler Konvexität und selbst **S**-förmig gebogen durch den rothen Kern und lateral- und medianwärts von demselben nach der Ventralseite, um an der bekannten Stelle an der medialen Seite der Hirnstiele auszutreten (Fig. 460).

Das genauere Verhalten der Oculomotoriuskerne und Fasern habe ich vor allem bei einem achtmonatlichen menschlichen Embryo, ausserdem aber auch beim Erwachsenen untersucht. Bei dem ersteren erstreckte sich der Oculomotoriuskern über 61 Schnitte, die in der Serie die Nr. 237—267 führen, indem auf jedem Objektträger 2 Schnitte sich befinden.

In den Schnitten 233 treten bereits Wurzeln des III. Nerven aus den *Pedunculi,* obgleich im Innern noch der Kern des IV. Nerven sich findet. In Nr. 236 reichen diese Wurzeln bereits bis nahe an den rothen Kern und zeigt

sich ventralwärts vom *Fasciculus longitudinalis dorsalis* eine schöne Kreuzung der an denselben angrenzenden Bogenfasern. Zugleich ziehen sich die beiden *Fasciculi dorsales* ventralwärts immer mehr spitz aus.

Der Kern des *Oculomotorius* wird deutlich in Nr. 237 etwas medianwärts von der Stelle, wo der Trochleariskern lag, der in Nr. 236 noch vorhanden ist, lateralwärts neben dem Eingange der vom *Fasciculus longitudinalis* begrenzten Spalte oder Lücke, der hier ventralwärts nicht unterbrochen ist, und zeigt mittelgrosse Zellen, eher etwas kleiner als die des IV. Kernes. Doch ist zu bemerken, dass bei beiden Kernen auch zerstreut Zellen von verschiedenen Grössen zwischen den einzelnen Bündeln des *F. l. d.*, im Winkel zwischen den beiden Hälften desselben und selbst ventralwärts von ihnen vorkommen, von

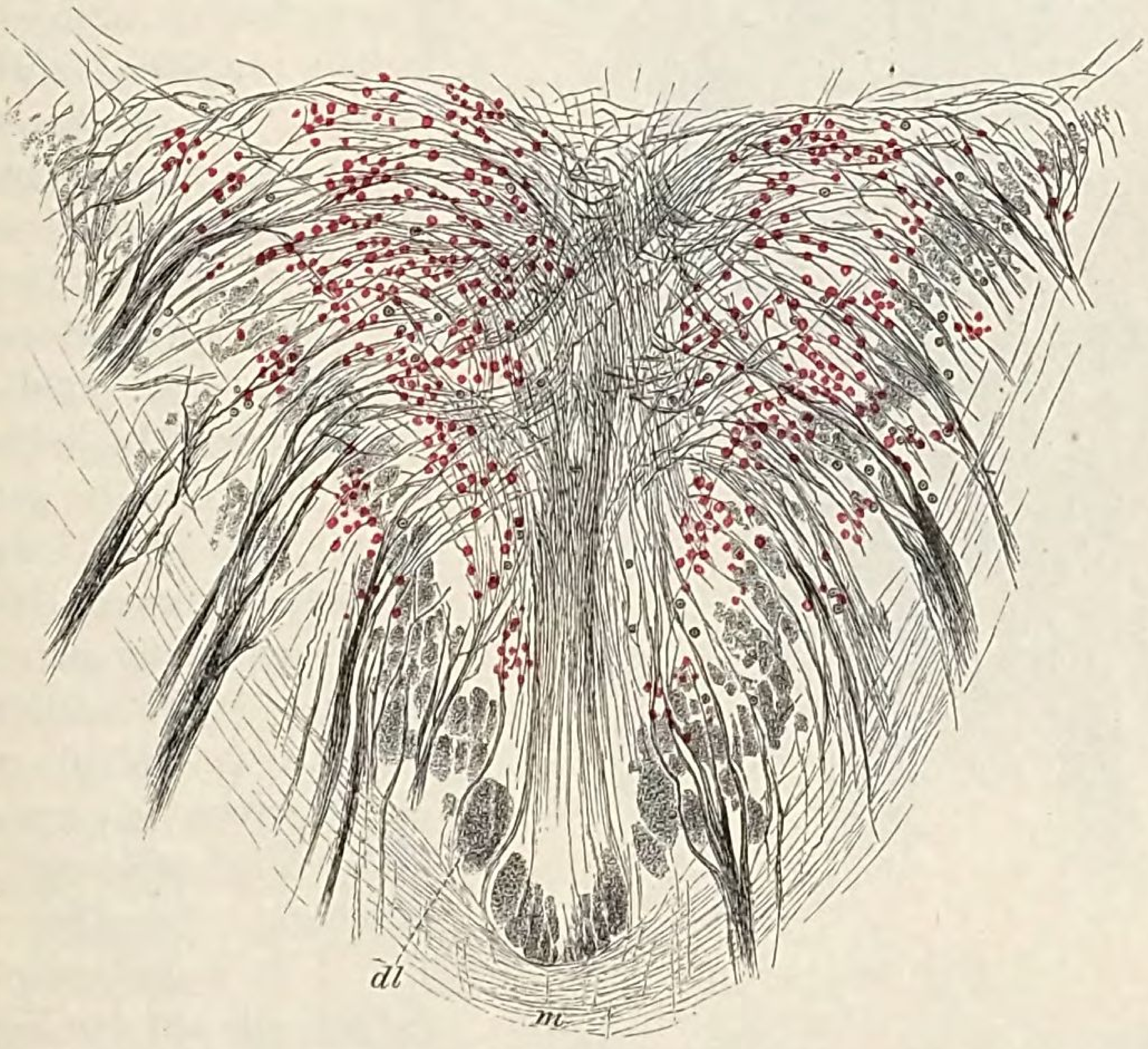


Fig. 504.

denen es z. Th. sicher, z. Th. sehr wahrscheinlich ist, dass sie ebenfalls dem *Oculomotorius* angehören. In Nr. 239 erreichen die Oculomotoriuswurzeln das dorsale Längsbündel und den III. Kern und ziehen stark S-förmig gekrümmt durch den rothen Kern und an der lateralen Seite desselben vorbei. Schon in diesen Schnitten zeigen die Oculomotoriusfasern einen bogenförmigen Verlauf von

Fig. 504. Querschnitt eines 8 Monate alten menschl. Embryo aus der Gegend der distalsten Oculomotoriuswurzeln mit entschieden gekreuztem Ursprunge derselben (Schnitt Nr. 244). Geringere Vergr. Behandlung nach *Pal*. Die Nervenzellen bilden je Einen Hauptkern ohne deutliche Abtheilungen und ziehen sich an vielen Orten zwischen die Elemente des dorsalen Längsbündels *dl* hinein und kommen selbst noch jenseits derselben vor; *m* *Meynert*'sche Haubenkreuzung.

der lateralen Seite des Kernes gegen die sagittale Medianebene und in Nr. 240 ist nun deutlich, dass diese Fasern sich kreuzen und zugleich weit zwischen die Längsbündel ventralwärts hineinziehen. Diese Kreuzung wird nun bei 241 besonders schön und ragen die betreffenden Fasern bis nahe zu den ventralsten Fascikeln des Längsbündels herab, während zugleich der einfache Hauptkern grösser wird, immer weiter gegen die Ventralseite an der medialen Seite des Längsbündels sich herabzieht und einen Nebenkern im Längsbündel selbst besitzt, der jedoch dasselbe ventralwärts nicht überragt. So bleiben die Verhältnisse in den Schnitten 241—245 (Fig. 504), nur werden die sich kreuzenden Fasern immer zahlreicher und betreffen zugleich auch Wurzelbündel, die medianwärts vom rothen Kerne durchtreten und die nahezu medialsten Bündel des *F. l. d.* durchsetzen. Der Kern wird auch zusehends grösser und liesse sich wohl willkürlich in mehrere Abschnitte sondern.

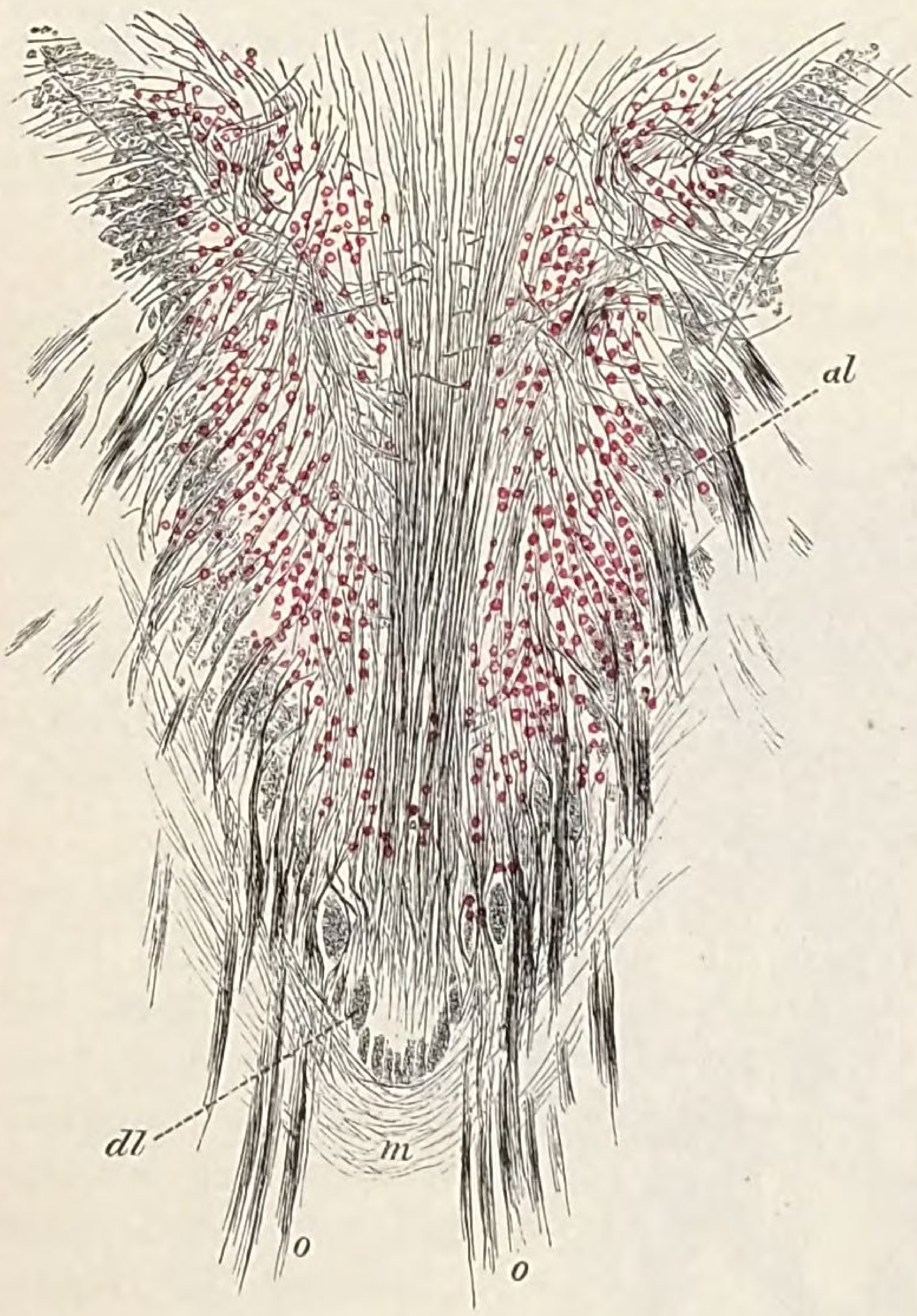


Fig. 505.

Was nun das genauere Verhalten und den Ursprung der Oculomotoriuswurzelfasern in dieser Gegend anlangt, so stellt sich dasselbe etwas anders dar, als *Perlia* (s. unten) es schildert und verweise ich vor allem auf meine Fig. 504 und eine Vergleichung derselben mit der Fig. 1 *a*, *b* und *c* von *Perlia*, die sich alle auf den Neugeborenen zu beziehen scheinen. Während *Perlia* die medialsten Wurzelfasern in der Medianebene sich kreuzen und dann zum dorsalen Kerne weiter ziehen lässt, lehren meine Präparate umgekehrt, dass es gerade die am meisten lateralwärts liegenden Wurzelbündel sind, die eine Decussation erleiden. Diese Bündel dringen durch die am meisten seitwärts und dorsal gelegenen Bündel des *Fasciculus longitudinalis dorsalis* durch, biegen sich dann, die Zellenmassen ihrer Seite durchziehend, median- und ventralwärts um und gelangen

Fig. 505. Querschnitt Nr. 252 der Oculomotoriuskerne von einem menschlichen Embryo von 8 Monaten aus der proximalen Gegend. Die Hauptkerne sind im Grunde der Spalte zwischen den beiden Längsbündeln verschmolzen. Dorsalwärts zweigen sich erstens ein lateraler rundlicher Kern und ein medialer länglicher Kern undeutlich vom Hauptkerne ab. Behandlung nach *Pal*. Geringe Vergrösserung. *oo* Wurzelbündel der III. Nerven; *dl* dorsaler Längsbündel; *m* *Meynert*'sche Haubenkreuzung; *al* Zellen im dorsalen Längsbündel.

so zu dem Kerne der anderen Seite, um in demselben zu enden. Hierbei beschreiben die sich kreuzenden Wurzelfasern häufig mehr weniger starke S-förmige Biegungen in der Art, dass dieselben in der Nähe der Medianebene erst gegen die Ventralseite, d. h. den Grund der Spalte zwischen den beiden Längsbündeln verlaufen, und dann erst auf die andere Seite umbiegen, um hier wieder dorsalwärts gegen die Hauptmasse des Kernes zu ziehen. An mehreren Präparaten entstanden so in dem engeren Theile der Längsbündelspalte viele aufeinander folgende schlingenförmige Umbiegungen die bis in den Grund der Spalte reichten.

In der Gegend der Kreuzungen liegt die Hauptmasse eines jeden Oculomotoriuskernes oder der Hauptkern medianwärts vom *F. l. d.* und reicht tief in den Winkel hinein, den die beiden Hälften desselben bilden. Ausserdem finden sich mitten im Längsbündel darin mindestens drei grössere Herde grosser Zellen, der lateralste in den seitlichen Theilen des Längsbündels.

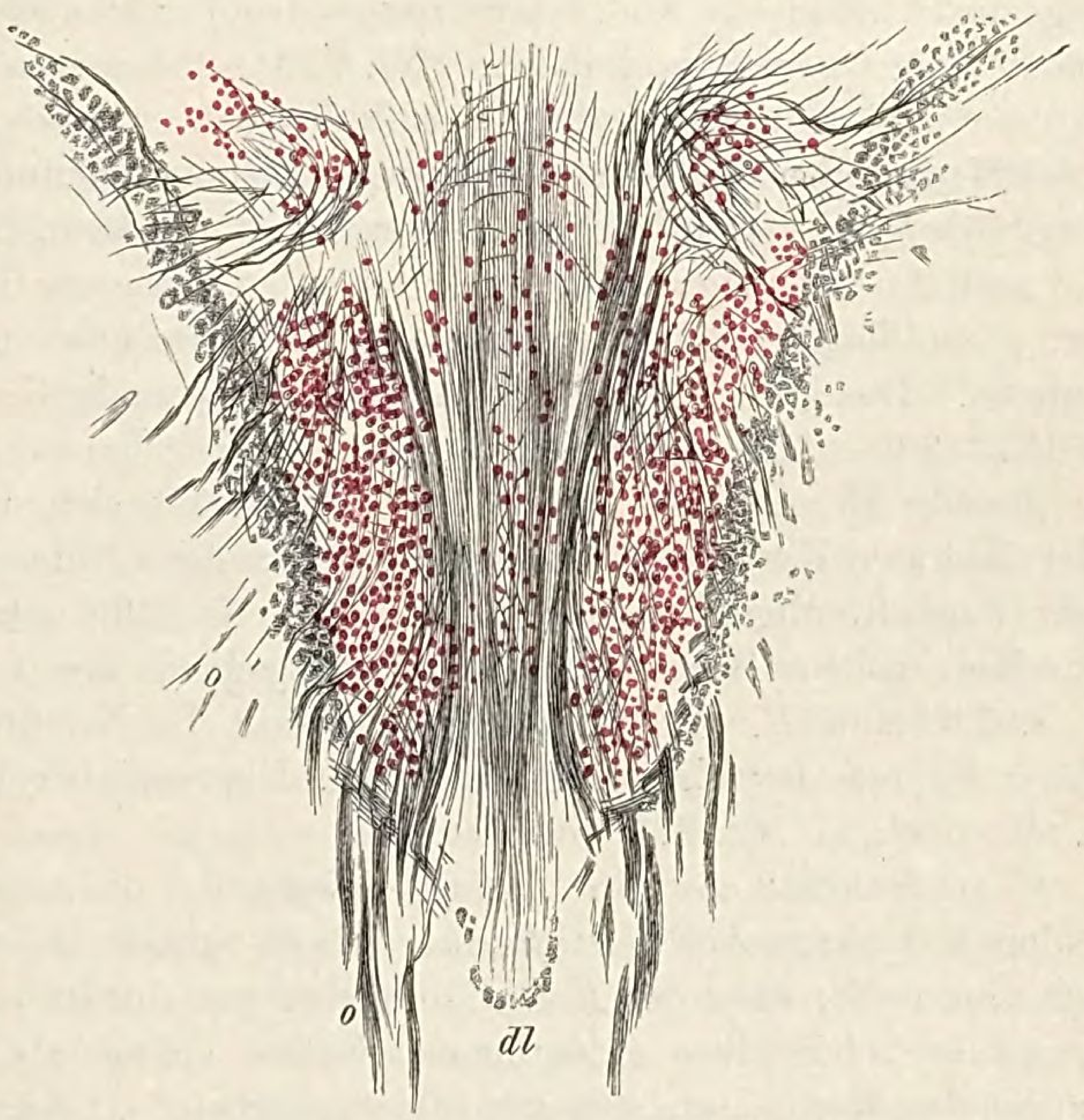


Fig. 506.

In Nr. 246 wird die Kreuzung spärlicher und gelangen Bündel zu recht, die schon in 244 in der Medianebene zwischen beiden *F. l. d.* in dorso-ventraler Richtung verliefen. Es ergiebt sich nun, dass diese Fasern den medialsten Wurzeln angehören und sich nicht kreuzen, sondern auf derselben Seite dorsal- und lateralwärts zu den Kernen der nämlichen Seite verlaufen. Diese Kerne sind nun hier sehr gross, dorsalwärts auch in der Medianebene verbunden und so beschaffen, dass von Unterabtheilungen kaum die Rede sein kann. In 248 laufen die Fasern der medialsten Wurzelbündel oft sonderbar bogenförmig und die ventralste Kernmasse steht nahe am Grunde der Längsbündelspalte. In Nr. 250 zeigt sich die zellige Brücke, welche die zwei Hauptkerne verbindet, wie aus zwei Kernen bestehend und finden sich immer noch Kreuz-

Fig. 506. Querschnitt 256, 9 Schnitte weiter proximalwärts als Fig. 505 von demselben Embryo. Geringe Vergrösserung. Die Hauptkerne gut entwickelt, ebenso der dorsale Abschnitt derselben. Mediale dorsale Kerne undeutlich, ein centraler Kern schwach angedeutet.

ungen, doch werden dieselben je länger um so spärlicher. In Nr. 251 zweigt sich vom Hauptkerne ein rundlicher dorsaler lateraler Kern ab mit ungekreuzten Fasern, neben welchen immer noch Andeutungen von Kreuzungen sich finden. Ebenso in Nr. 252, nur reicht der grosse Hauptkern bis nahezu in den Grund der Längsbündelspalte und ist da auch in der Mitte verbunden (Fig. 505). Am Eingange der Spalte ist vom Hauptkerne eine länglichrunde Zellenmasse durch bogenförmig zum dorsalen Kerne verlaufende Wurzelbündel medianwärts abgetrennt und diese zwei Massen, die man als mediale dorsale Kerne bezeichnen könnte, hängen auch in der Mitte durch Zellen zusammen, die allerdings nicht zahlreich sind. Kreuzungen sind nur noch im tiefsten Grunde der Spalte einige wenige vorhanden. Nr. 253—256 zeigen keine Kreuzungen mehr und nur zwei deutliche Kerne, doch findet sich zwischen den beiden Hauptkernen in der Medianebene ein nicht scharf begrenzter Zellenhaufen, in dem der Centralkern von *Perlia* (s. u.) nicht zu verkennen ist (Fig. 506). Dorsalwärts von demselben sind noch Andeutungen der dorsalen medialen Kerne zu finden. Von Wurzelfasern sind schon lange nur noch mediale da, die wesentlich aus dem dorsalen Kerne kommen. Das *F. l. d.* ist stark verkleinert, besonders in den ventralen Bündeln. In 257—260—262 werden die Kerne je länger um so kleiner und verschwindet der dorsale Kern. Von Nr. 261 an entwickelt sich dann aber ein neuer dorsaler lateraler Kern etwas lateralwärts von dem früheren, der je länger um so mehr dunkelrandige Fasern zeigt, und in Nr. 265 schon recht gross ist. Auf denselben gehen Bogenfasern der Grenzgegend der inneren Ependymlage zu, die z. Th. zum *R. descendens V.* gehören. In Nr. 267 endlich sind noch die letzten Spuren des Hauptkerns des III. Nerven, aber keine Wurzelfasern mehr da, die noch in Nr. 266 sich fanden.

Von Nr. 268 an wird der neue Kern, der nichts anderes ist, als der obere Oculomotoriuskern von *Darkschewitsch* immer bedeutender und ergiebt sich nach und nach, dass der *F. l. d.* in denselben eintritt, während dorsalwärts neue Fasern aus demselben entspringen, welche später als den ventralsten Fasern der distalen Kommissur angehörig sich ergeben (s. *Obersteiner* S. 202). Gleichzeitig, jedoch in einer Gegend, in der noch die letzten Oculomotoriuszellen sich finden, tritt im *Nucleus ruber* der *Fasciculus retroflexus* mit einem, später mit zwei Bündeln auf.

Dem Gesagten zufolge bestehen die ungekreuzten Wurzelfasern des *Oculomotorius* vor allem aus den medialen, proximalen Wurzelbündeln und verlaufen zumeist an der medialen Seite des dorsalen und ventralen Hauptkernes, z. Th. dicht an diesen Kernen gelegen, z. Th. in der Medianebene zwischen denselben. Diese letzten zumeist in gerader dorso-ventraler Richtung verlaufenden Fasern machen oft den Eindruck eines besondern, nicht zum *Oculomotorius* gehörenden Faserzuges, einer Art *Raphe*, ich glaube jedoch mich überzeugt zu haben, dass die Mehrzahl derselben, wenn nicht alle, doch den Oculomotoriuswurzeln angehören. Verfolgt man nämlich dieselben ventralwärts, so ergiebt sich dass viele derselben unter starken z. Th. rechtwinkligen Umbeugungen lateralwärts den medialsten Wurzeln sich anschliessen und sah ich keine Fasern als direkte Fortsetzung dieser dorso-ventralen Elemente ventralwärts weiter in die zwischen den rothen Kernen befindliche Gegend verlaufen. Aehnliches ergiebt sich an der dorsalen Seite. Hier biegen sich die meisten der erwähnten *Fibrae*

rectae sichelförmig nach den Seiten zu den hier befindlichen Kernen um und diejenigen, welche ihre gerade Richtung beibehalten, könnten wohl von den stets in der Medianebene befindlichen Nervenzellen herkommen.

Was die Kerne des *Oculomotorius* betrifft, so ist das Hauptergebniss meiner Untersuchungen das, dass der III. Nerv jederseits wesentlich nur Einen Kern hat. Von diesem Hauptkerne zweigen sich, am cerebralen Ende desselben je ein rundlicher dorsaler Kern ab und dringen fast allerwärts Ausläufer desselben zwischen die Bündel des *Fasciculus longitudinalis dorsalis* hinein. Wenig Berechtigung hat dagegen die Annahme eines paarigen dorsalen medialen Kernes Fig. 505), dagegen findet sich ein unpaarer centraler Kern (Fig. 506). Von dem kleinzelligen Kerne von *Edinger-Westphal* war an meinen embryonalen Präparaten nichts zu sehen, doch will ich seine Anwesenheit um so weniger beanstanden, als ich denselben beim Erwachsenen ebenso finde, wie die genannten Autoren, weshalb ich vermuthe, dass derselbe bei dem vor mir untersuchten Embryo nicht entwickelt war.

Eine Untersuchung der Kerne des *Oculomotorius* beim Erwachsenen ergab mir wesentlich dieselben Resultate, wie *Perlia*, und finde ich namentlich seine Fig. 1a, b und c, dann die Fig. 2, 2,a und 2b, was die Kerne anlangt, sehr gut. Indessen kann ich auch hier nicht weiter gehen, als einen Hauptkern mit zwei Unterabtheilungen den dorsalen lateralen mit grossen Zellen und dorsalen medialen Kern mit kleineren Elementen anzunehmen, wie meine Fig. 505, sie zeigt. Dazu kommen dann aber noch ein hier ausgezeichnet schöner centraler Kern mit grossen Zellen in den proximalen Abtheilungen des Kernes und auch hier wie beim Embryo viele von *Perlia* nicht erwähnte Zellenhaufen im *Fasciculus longitudinalis* und an dessen ventraler Seite, welche beiderlei Zellenhaufen ich als echte Oculomotoriuskerne betrachte, wogegen es mir vorläufig nicht erwiesen scheint, ob der kleinzellige Kern eine solche Bedeutung besitzt, von welchem *Westphal* annimmt, dass er den Nerven der innern Augenmuskeln *(Sphincter pupillæ, M. ciliaris)* den Ursprung gebe, gestützt auf einen Fall von *Ophthalmoplegia externa*, in welchem alle grosszelligen Kernmassen zerstört, die kleinzelligen erhalten waren.

Verbindungen der Oculomotoriuskerne. Eine Beziehung dieser Kerne zu den Pyramidenbahnen ist, obschon selbstverständlich vorhanden, noch nicht mit Bestimmtheit nachgewiesen. An *Golgi*'schen Präparaten von neugeborenen Thieren sieht man in den Oculomotoriuskernen um die Zellen herum eine Menge feinster Verästelungen und von diesen aus lassen sich Fasern zur *Raphe* verfolgen, die in dieser sich kreuzen und ventralwärts verlaufend möglicherweise zu den Pyramidenbahnen gelangen. Ganz sicher sind zweitens Verbindungen des *Fasciculus longitudinalis dorsalis* nicht nur mit dem Kerne des III., sondern auch mit denjenigen des IV. und VI. Nerven. Dass die Elemente des genannten Bündels zahlreiche Collateralen abgeben, wurde zuerst von mir nachgewiesen (Anat. Anzeiger Bd. 6, 1881) und dann von *Held* (Arch. *v. His* und *Braune* 1892 S. 38 und *v. Gehuchten* l. i. c.) bestätigt. Diese Collateralen enden, wie wir oben schon sahen, in den Kernen des *Hypoglossus* und, wie auch die oben genannten zwei Autoren annehmen und *v. Gehuchten* durch drei gute Abbildungen von der Ente (Fig. 3, 4 und 5) versinnlicht hat, und wie auch *Perlia* an *Weigert*'schen Präparaten am Oculo-

motoriuskern gesehen zu haben glaubt (l. c. Fig. 3), in den Kernen aller drei Augenmuskelnerven mit feinen Verästelungen, so dass dieselben theils auf die Zellen, theils auf deren Dendriten einwirken könnten. Um zu bestimmen, was diese Verbindung für eine physiologische Bedeutung habe, ist daran zu erinnern, dass das dorsale Längsbündel die unmittelbare Fortsetzung der Vorderstranggrundbündel des Rückenmarks ist und somit von Hause aus centripetal leitende Bahnen II. Ordnung enthält. In der *Medulla oblongata* schliessen sich nun wohl dem Längsbündel weitere in ihr selbst entspringende Strangfasern an, die mit den sensiblen Nerven derselben, vor allem dem *Vago-Glossopharyngeus* und *Quintus* vielleicht auch mit dem *Acusticus*, in direkter Verbindung stehen, doch ändert dies die Bedeutung desselben als eines sensiblen Leitapparates nicht. Somit würden durch die genannten Collateralen Einwirkungen sensibler Nerven des Rückenmarks und der *Medulla oblongata* auf die Augenmuskelcentren zur Vermittlung gelangen und möglicherweise auch, wenn gewisse Nervenfaserkomplexe Collateralen an alle drei oder an zwei Kerne derselben oder beider Seiten abgäben, bestimmte Synergien derselben sich erklären.

Weiter verlangt die Physiologie den anatomischen Nachweis von Verbindungen des *Opticus* mit den Kernen der Augenmuskeln, deren bestimmter Nachweis jedoch bis jetzt nicht gelungen ist. *Meinert* hat an Radiärfasern gedacht, die aus dem Kerne des proximalen Vierhügels in das centrale Höhlengrau dringen und so zu den Kernen des III. und IV. Nerven gelangen könnten. *Darkschewitsch* betont Fasern, die von seinem oberen Oculomotoriuskerne, der aber keine Fasern des III. Nerven entsendet, zum ventralen Theile der *Commissura posterior* ziehen und in der Gegend des *Corpus geniculatum laterale* den *Tractus opticus* erreichen. An den *Tractus peduncularis transversus* von *Gudden*, der im proximalen Vierhügel vom *Tractus opticus* abgeht, denkt *Perlia*, der einen Zweig desselben mit den Oculomotoriuswurzeln zum III. Kerne aufsteigen sah (l. c. pag. 30, Taf. IX Fig. 3). Nach meinen eigenen Erfahrungen an *Golgi*'schen Präparaten vermuthe ich, dass die Opticusfasern die im cerebralen Vierhügelpaare enden, auf die Zellen dieses Hügels einwirken und dass diese mit ihren nervösen Fortsätzen, die nachweislich die Bogenfasern am Rande des centralen Höhlengraues bilden helfen, theils direkt, theils durch zahlreiche in das centrale Grau eindringende Collateralen auf die betreffenden motorischen Kerne einwirken.

Zum Schlusse noch die Bemerkung, dass weder beim Oculomotorius, noch bei einem der beiden anderen Augenmuskelnerven die Gegend der Hirnrinde genauer bekannt ist, die zu denselben in Beziehung steht. Auffallend ist, dass bei gewissen Erkrankungen derselben (des *Gyrus angularis*) eine Lähmung des *Levator palpebrae* allein beobachtet wird (*Obersteiner*), was zu beweisen scheint, dass nicht alle Elemente des III. Nerven von derselben Gegend beherrscht werden.

In Betreff des Ursprunges der Oculomotoriusfasern ist erst in der neuesten Zeit durch *Gudden* für Säugethiere, durch *Perlia* und *mich* für den Menschen und durch *v. Gehuchten* für die Vögel eine theilweise Kreuzung derselben, die schon viele Aeltere und Neuere, wie *Valentin*, *Vulpian* und *Philippeaux*, *Merkel*, angenommen hatten, voll bewiesen worden, während *Duval* die Kreuzung in eigenthümlicher Weise in die Kerne des *Abducens* verlegt. Bei der grossen, auch physiologischen und praktischen Wichtigkeit dieser Angelegenheit gebe ich hier noch eine ausführliche Darstellung der auf diese Fragen bezüglichen Thatsachen.

Gudden (Tageblatt d. Vers. deutsch. Naturf. in Salzburg 1881, S. 186, und gesammelte und hinterlassene Abhandl. Herausgeg. v. Prof. *Grashey* 1889 Nr. XXIII und XXXII, Taf. XXVI, Fig. 11 und Taf. XXXVIII—XL) fand beim Kaninchen, dass jeder *Oculomotorius* zwei Kerne hat, einen ventralen und einen dorsalen, von denen der erstere in proximaler Richtung den anderen überragt und wahrscheinlich aus zwei Abtheilungen besteht. Von diesen Kernen gehört der ventrale zum gleichseitigen Nerven und der dorsale zum Nerven der entgegengesetzten Seite, so dass somit der rechte *Oculomotorius* aus dem rechten ventralen und dem linken dorsalen Kerne seine Fasern bezieht und umgekehrt. Nach *Gudden* verliert sich die grössere Hälfte der Oculomotoriuswurzeln im ventralen Kerne, im Grossen und Ganzen die dorsale Richtung beibehaltend; die kleinere verhält sich anders. Dieselbe liegt etwas mehr nach hinten (distalwärts), und geht ein Theil derselben, die dorsale Richtung beibehaltend, durch den ventralen Kern, biegt sich an dessen dorsaler Grenze in mehr weniger rechtem Winkel um, setzt quer durch die *Raphe* und verliert sich lateral im dorsalen Kerne der anderen Seite; der andere zieht, ohne den ventralen Kern zu durchsetzen, längs der *Raphe* dorsalwärts, kreuzt sich unter mehr spitzen Winkeln und verliert sich dann ebenfalls lateral in dem dorsalen Kerne der anderen Seite.

Diese durch eine Reihe Abbildungen (Taf. XXVI Fig. 6, Taf. XXXVIII, Taf. XL Fig. 1—6) versinnlichten Verhältnisse wurden dann noch durch eine Anzahl Versuche gestützt, bei welchen bei neugeborenen Kaninchen in drei Fällen *Oculomotorius*, *Trochlearis* und *Abducens* derselben Seite ausgerissen und das Thier erst nach Vollendung des Wachsthums getödtet wurde. In allen diesen Fällen fand sich beim III. Nerven der ventrale Kern der linken Seite und der dorsale der rechten zerstört.

In Betreff des Trochlearis bestätigen die *Gudden*'schen Experimente die vollständige Kreuzung (Taf. XXXIX Fig. 1), und was den Abducens betrifft, so kommt dieser Forscher zu dem Ergebnisse, dass dieselben sich gar nicht kreuzen, und dass der rechte Abducenskern immer unverändert und der linke verschwunden war (Taf. XL Fig. 11). Zu gleicher Zeit bewies *Gudden* auch, dass der Abducenskern mit dem Facialis nichts zu thun hat, denn beim Ausreissen eines *Abducens* und Zerstörung des einen Abducenskernes waren beide *Faciales* unverändert (Taf. XL Fig. 11) und beim Ausreissen eines *Facialis* zeigten sich die Abducenskerne ohne Schädigung (Taf. XL Fig. 10).

Die Beobachtungen von *Perlia* (*Graefe*'s Arch. 35. Bd. 1889, Abth. IV. S. 287) sind dadurch von grosser Wichtigkeit, dass dieselben sich auf den Menschen beziehen, von welchem wie es scheint, vorwiegend Neugeborne und Embryonen von 7—8 Monaten untersucht wurden. Von Oculomotoriuskernen beschreibt *Perlia* 7 paarige; 1. die *Nuclei ventrales posterior* und *anterior*, 2. die *Nuclei dorsales anterior* und *posterior*, 3. die *Nuclei mediani anteriores*, 4. die *Nuclei laterales anteriores* (oberer Oculomotoriuskern von *Darkschewitsch*) und die kleinzelligen *Edinger-Westphal*'schen Kerne, ferner zwischen den *Nuclei ventrales anteriores* den unpaaren *Nucleus centralis*. (Siehe die Abbildung Seite 298, die bei *Edinger*, *Obersteiner*, *Leube* [Diagnostik] wiedergegeben ist). Kreuzungen der Wurzelfasern des *Oculomotorius* sah *Perlia* nur an den distalen Fasern (l. c. Fig. 1a, b, c), vom distalsten Ende der Kerne bis zum ersten Auftreten des *Edinger-Westphal*'schen Kernes, mit anderen Worten, im Bereiche des hinteren dorsalen und ventralen Kernes. Die Kreuzungen selbst beschreibt und bildet *Perlia* so ab, als ob vorzugsweise vom dorsalen Kerne stammende Fasern ventralwärts und nach der Medianebene verliefen, in dieser sich kreuzten, dann als medialste Wurzelfasern das hintere Längsbündel durchsetzten und hierauf zum Austritte sich anschickten. Uebrigens gehen nach *Perlia* nicht alle sich kreuzenden Fasern in austretende Oculomotoriuswurzeln über, vielmehr steigt ein Theil derselben in der *Raphe* nach hinten (d. h. ventralwärts) und biegt in das hintere Längsbündel um, wie aufs Bestimmteste an schrägen Frontalschnitten durch das *Corpus quadrigeminum* eines Neugebornen gesehen wurde.

Der obere Seitenkern (der Kern von *Darkschewitsch*) taucht mitten im hinteren Längsbündel auf in der Gegend des proximalsten Endes des kleinzelligen *Edinger-Westphal*'schen Kernes und des hinteren Endes des *Nucleus medianus anterior* (l. c. Fig. 3). Bald bleiben nur noch der letztgenannte Kern und der obere Seitenkern, beide in guter Ausbildung, übrig (l. c. Fig. 4), bis endlich auch der mediane Kern verloren geht.

Darkschewitsch (l. c. Fig. 2, 3, 4) und *Perlia* (Schema S. 297), lassen auch aus dem oberen Seitenkerne Oculomotoriusfasern entspringen, während *Perlia* solche beim kleinzelligen Kerne und bei seinem *N. centralis* nicht zeichnet.

Eine einfachere Darstellung der Oculomotoriuskerne giebt *Edinger* in seinen vortrefflichen Vorlesungen über die nervösen Centralorgane (3. Aufl., S. 98, Fig. 76). Derselbe unterscheidet einen Hauptkern, *N. posterior*, mit einer kürzeren dorsalen und medialen unpaaren Abtheilung, und den *Nucleus anterior*, den oberen Kern von *Darkschewitsch*. Gekreuzte Fasern kommen vom dorsalen Kerne, ungekreuzte von den andern, und wird der Verlauf der gekreuzten Fasern genau ebenso abgebildet (Fig. 78) und beschrieben, wie bei *Perlia*.

v. Gehuchten (Bull. d. l'Acad. r. d. sc. de Belgique 1892, Nr. 11, p. 484—502, 5 Holzschnitte), hat die Kreuzung des *Oculomotorius* bei einem 14 Tage alten Embryo der Ente an *Golgi*'schen Präparaten nachgewiesen und gefunden, dass die gekreuzten Fasern sowohl von der dorsalen, als von der ventralen Abtheilung des Kernes herkommen und vorzugsweise in den medialen Theil des Nervenstammes übertreten. Endlich hat noch *Bruce* eine Darstellung der Kerne des III. Nerven gegeben (Proceed. of the R. Soc. of Edinburgh. Vol. XVII 1889/90, pg. 168—176. 2 Tafeln), auf die ich hiermit verweise. Kreuzungen der Wurzelfasern vermochte er jedoch nicht zu finden (S. 173), obschon er dieselben für wahrscheinlich hält und glaubt, dass die zahlreichen, von ihm sogenannten Kommissurenfasern der „*anterior nuclei*“ für solche sprechen.

Ich wende mich nun schliesslich zu den Beobachtungen von *Duval* (Journal de l'Anatomie et de la physiologie, Vol. 16). Veranlasst durch einen Fall beim Menschen, bei welchem sich eine Lähmung des *Rectus externus* einer Seite, und des *Rectus internus* der anderen Seite beim binokulären Sehen in die Ferne, und ein Tuberkel in der Gegend des Abducenskernes ergab, wogegen beim Sehen in die Nähe und bei monokulärem Sehen der *Rectus internus* gesetzmässig wirkte, untersuchte derselbe die Ursprünge der Augenmuskelnerven und fand hierbei Folgendes:

Der Oculomotorius zeigt sowohl beim Affen als beim Menschen einen theilweise gekreuzten Ursprung, indem die innersten, schmächtigen Wurzelbündel desselben aus dem Abducenskerne der entgegengesetzten Seite entspringen. Von hier aus mischen sich dieselben dem hinteren Längsbündel bei, verlaufen mit diesem bis in die Höhe des Oculomotoriuskernes und kreuzen sich dann hier. Nach der Abbildung von *Duval* (l. c.) ist das sich kreuzende Bündel sehr fein und könnte, vorausgesetzt, dass dasselbe, wie *Duval* vermuthet, zum *Rectus internus* sich begiebt, um dessen Synergie mit dem *Rectus externus* der andern Seite zu veranlassen, nur einen geringen Bruchtheil des Nerven dieses Muskels darstellen.

In ähnlicher Weise beschreibt *Duval* auch ein dem *Trochlearis* aus dem Kerne des *Abducens* durch das dorsale Längsbündel zukommendes gekreuztes Bündel, welches somit, da der ganze *Trochlearis* sich in der *Valvula cerebelli* kreuzt, einen zweiten gekreuzten Theil dieses Nerven darstellen würde, genauer bezeichnet, einen Abducenstheil desselben.

Ich erwähne nun noch den von *Darkschewitsch* entdeckten und von ihm als „oberen Oculomotoriuskern“ benannten Nervenzellenherd, welchen später *Perlia* als lateralen vorderen Oculomotoriuskern bezeichnete. *D.* hat ganz recht, wenn er diesen Kern mit der hinteren Kommissur in Verbindung bringt, dagegen irrt er, wenn er denselben dem *Oculomotorius* zurechnet und als oberen Kern dieses Nerven bezeichnet. *Perlia*, dem, seinen Abbildungen nach zu urtheilen, vollkommene Schnitte zu Gebote standen, zeichnet auch in seinen Abbildungen nichts von Oculomotoriuswurzeln, die aus dem betreffenden Kerne stammen, sondern giebt solche nur in seinem Schema an.

Dieses Versehen von *D.* ist leicht begreiflich, denn es tritt der betreffende Kern so nahe an das Ende des Oculomotoriuskernes, dass es einer sehr sorgfältigen Prüfung bedarf, um beide auseinander zu halten. Bei dem 8 Monate alten Embryo, von dem oben eine genaue Beschreibung gegeben wurde, war dies jedoch nicht schwer durchzuführen und ich möchte daher glauben, dass die Präparate von *D.* nicht vollständig durchgefärbt, oder, weil einem 7 monatlichen Fötus angehörend, nicht so klar waren, wie die meinen, in welcher Annahme mich auch das bestärkt, dass er von Kreuzungen

der Oculomotoriusfasern gar nichts meldet und in seiner Fig. 1 nur eine schwache Andeutung von solchen darstellt. In Betreff der Zellen des sogenannten oberen Oculomotoriuskernes giebt *D.* richtig an, dass dieselben kleiner seien, als die der Hauptkerne des III. Nerven, und was das hintere Längsbündel anlangt, so lässt *D.* dasselbe theils im Hauptkerne, theils im oberen Oculomotoriuskerne sich verlieren. Dagegen soll aus Letzterem (l. s. c. Fig. 5) eine neue Fasermasse ventralwärts entspringen, deren Schicksale noch nicht endgültig verfolgt wurden. *D.* konnte nur soviel sehen, dass diese Fasern ventralwärts laufen, um den Körper von *Luys* sich herumbiegen und der Linsenkernschlinge sich anschliessen, indem sie zum Theil mit denen der andern Seite sich kreuzen.

Meine eigenen Erfahrungen über diesen Kern von *D.* an dem erwähnten 8 monatlichen menschlichen Embryo lehren Folgendes:

1. In diesem Kerne entspringt ein bedeutender Theil der Fasern der distalen Kommissur und zwar alle Elemente des tiefen Abschnittes derselben, und nenne ich denselben aus diesem Grunde den tiefen Kern der *Commissura distalis*. Diese Fasern sind von relativ starkem Kaliber, wie die Oculomotoriusfasern, und treten massenhaft aus dem dorsalen und medialen Theile des betreffenden Kernes hervor, wobei dieselben in Frontalschnitten wie in Blätter angeordnet sind.

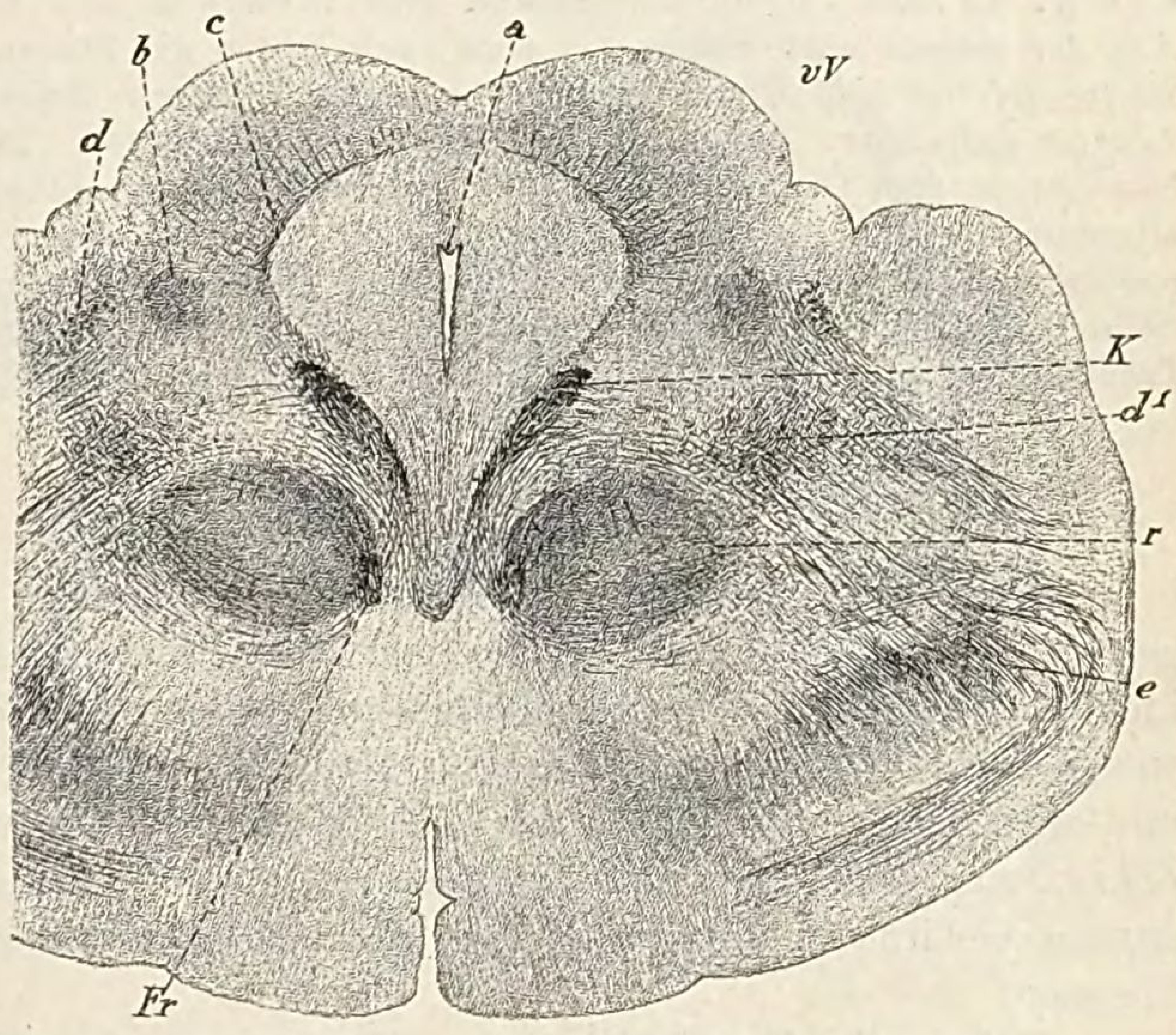


Fig. 507.

2. Oculomotoriuswurzelfasern treten aus diesem Kerne nicht hervor; doch sind solche noch in Gegenden vorhanden, in denen derselbe auch sich findet, jedoch nur, soweit als noch der Oculomotoriushauptkern vorhanden ist. Der tiefe Kern der *Commissura distalis* erreicht dagegen erst weiter gegen den 3. Ventrikel zu seine grösste Entwicklung, in einer Gegend, in der schon lange keine Oculomotoriuswurzeln sich finden.

3. Das dorsale Längsbündel verliert sich beim 8 Monate alten Fötus im Kerne der distalen Kommissur, und zwar oberhalb der Stelle, wo der letzte Oculomotoriuskern sich findet. Ob dieses scheinbare Ende ein wirkliches ist oder nur die Stelle bedeutet, bis zu welcher in diesem Alter die Fasern des Längsbündels markhaltig sind, ist weiter zu untersuchen. Dieselbe Erwägung hat auch bei Würdigung der Thatsache Platz zu greifen, dass beim Fötus das genannte Längsbündel vom Trochleariskerne an bis zum proximalen Ende des Oculomotoriuskernes im Umfange seiner Bündel nach und nach abnimmt, obschon sicher nachgewiesen ist, dass von diesem Bündel Collateralen und Endigungen seiner Fasern in die Kerne des *Oculomotorius* und *Trochlearis* eingehen.

Fig. 507. Querschnitt durch den proximalen Vierhügel und den Hirnstiel eines menschlichen Embryo von 8 Monaten. Nach *Pal* gefärbt, 4 mal vergr. *vV* Proximaler Vierhügel; *a Aquaeductus*; *K* Kern der *Commissura distalis*; *r* rother Kern der Haube; *Fr Fasciculus retroflexus*; *b* grauer tiefer Vierhügelkern?; *c* tiefe Bogenfasern der Vierhügel; *d* oberflächliche Schleifenfasern; *d'* tiefe Schleifenfasern; *e* Linsenkernschlinge?

4. In der Gegend des proximalsten Theiles des Kernes der *Commissura distalis* treten an der ventralen und lateralen Seite desselben neue Fasern auf, die der Linsenkernschlinge anzugehören scheinen und an der medialen Seite des *Fasc. retroflexus* liegen Elemente, die auch *Darkschewitsch* erwähnt und abbildet (S. 113 Fig. 5,5).

In physiologischer Beziehung sei hier noch Folgendes bemerkt:

Nach den Erfahrungen, die *Hensen* und *Völkers* bei Hunden gewonnen haben, hat jeder Theil des Oculomotoriuskernes zu bestimmten Muskeln Beziehungen und folgen vom Gehirn aus spinalwärts die verschiedenen Gebiete folgendermassen aufeinander: 1. Accommodationsnerven, 2. *Sphincter iridis*, 3. *Rectus internus*, 4. *Rectus superior*, 5. *Levator palpebrae*, 6. *Rectus inferior*, 7. *Obliquus inferior*. Nach *Kahler* und *Pick* verlaufen auch beim Menschen die Pupillenfasern in den cranialen Wurzelbündeln, in den caudalen die Fasern für die äussern Augenmuskeln, und zwar so, dass die medialen unter denselben den *Recti internus* und *inferior* angehören, die lateralen den *Rectus superior*, *Levator palpebrae* und *Obliquus inferior* versorgen. *Starr* unterscheidet an dem Oculomotoriuskerne eine mediale und eine laterale Abtheilung. Aus der erstern entspringen von vorn nach hinten die Fasern des *Musculus ciliaris*, der *Rectus inferior* und *Rectus internus*, aus der letzteren diejenigen des *Sphincter iridis*, *Levator palpebrae*, *Rectus superior* und *Obliquus inferior*. Diesen Erfahrungen zufolge bestehen in dem Oculomotoriuskerne verschiedene Unterabtheilungen, deren genaue Bestimmung jedoch bis anher nicht möglich war. In einem Falle von einem kleinen apoplektischen Herde im dorsalen lateralen Theile des Oculomotoriuskernes der rechten Seite fand *Leube* den rechten *Levator palpebrae* gelähmt und Erweiterung der rechten Pupille. (Deutsch. Arch. f. klin. Medizin, Bd. XL, S. 221.)

§ 146.

Entwicklung der Kopfnerven. Indem wir die Entwicklungsgeschichte der Kopfnerven der niederen Wirbelthiere der vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte überlassen, wollen wir hier nur das besprechen, was bei den Säugethieren und beim Menschen über dieses Thema bekannt ist und wird hierbei für einmal die Entwicklung des Hinterhirns oder Rautenhirns (*His*) nur soviel als nöthig herangezogen werden, um erst nach Schilderung des ganzen Gehirns in ähnlicher Weise, wie beim Rückenmarke zur Darstellung zu kommen.

Ueber die Entwicklung der Kopfnerven des Kaninchens gab ich im Jahre 1879 die ersten Mittheilungen (Entwicklungsgesch. 2. Aufl.) zu denen im letzten Decennium wichtige Entdeckungen von *Froriep* (Arch. f. Anatomie 1882 S. 279 und 1885 S. 1) dazu kamen, sowie ausführliche Darstellungen von *His* über den Menschen (Abh. d. sächs. Gesellschaft der Wiss. 1888 Bd. XIV. No. VII. und 1890 Bd. XVII. No. I.) und von *F. Martin* über die Katze (Oesterr. Monatsschrift für Thierheilkunde 15. Jahrg. 1890 Nr. 9 und Anat. Anzeiger 1890 Nr. 18 und 1891 Nr. 8). Endlich ist noch eine monographische Arbeit von *W. His junior* über den *Acustico-facialis* zu erwähnen (Arch. f. Anat. 1889 Suppl).

Als Allgemeines Ergebniss dieser Untersuchungen stellt sich Folgendes heraus.

Alle motorischen Kopfnerven oder Theile von solchen entwickeln sich wie die motorischen Wurzeln der Spinalnerven von Zellen besonderer Kerne, welche hier annähernd in zwei Reihen, einer ventralen und einer mehr lateralen, gelegen sind, die mit den ventralen und lateralen Zellenhaufen sich vergleichen lassen, aus denen beim Marke die verschiedenen Bestandtheile

je Einer motorischen Wurzel entspringen. Zu der ventralen Reihe gehören der XII. VI. IV. und III. Nerv, zu der lateralen der *Accessorius*, *Vagoglossopharyngeus (Nucleus ambignus), Facialis,* die *Portio motoria Trigemini sensu strictiori* und die *Radix motoria descendens* desselben Nerven.

Die sensiblen Kopfnerven oder Elemente von solchen mit Ausnahme des *Olfactorius* und *Opticus* entwickeln sich aus der Ganglienleiste des Kopfes, die ursprünglich neben der dorsalen Mittellinie ihre Lage hat, wie beim Marke, und rücken erst im Laufe der weiteren Entwicklung, im Zusammenhange mit der mächtigen Entwicklung der Deckplatte von *His*, allmählich nach der ventralen Seite herunter (Fig. 508, 509). Die Nervenfasern dieser Nerven entspringen ausser-

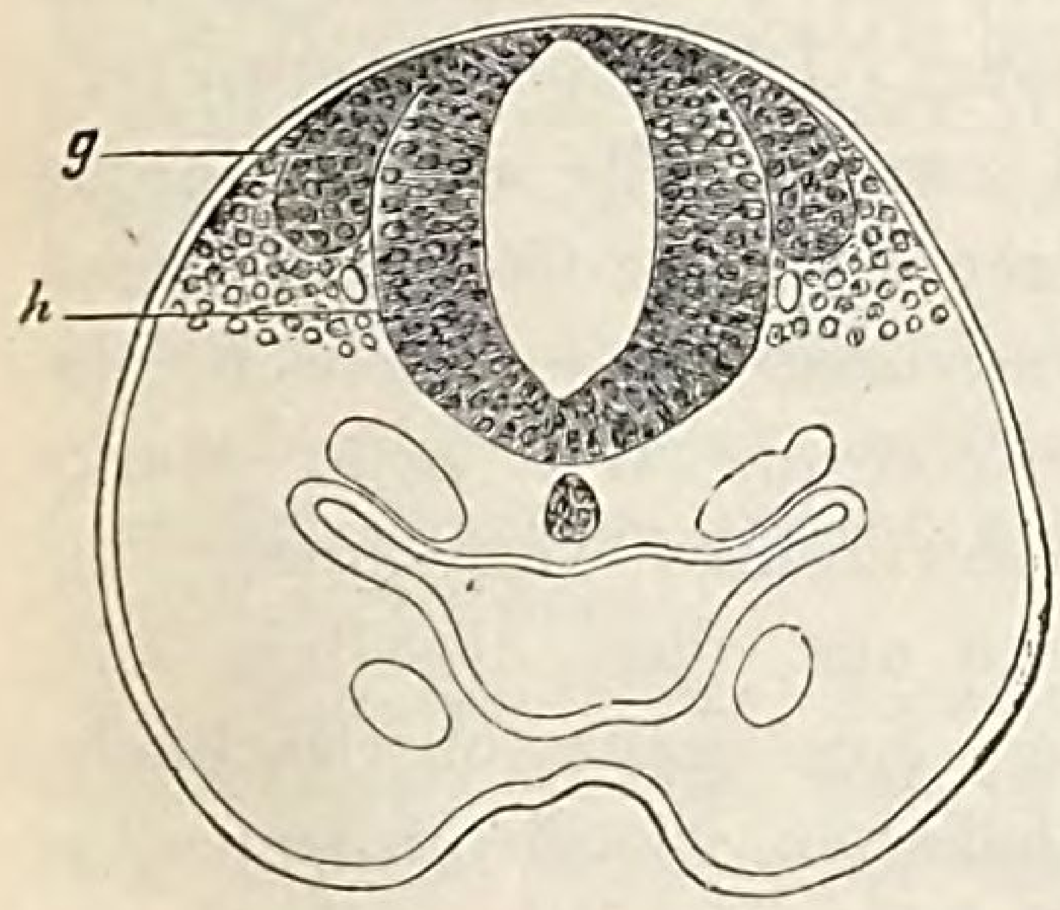


Fig. 508.

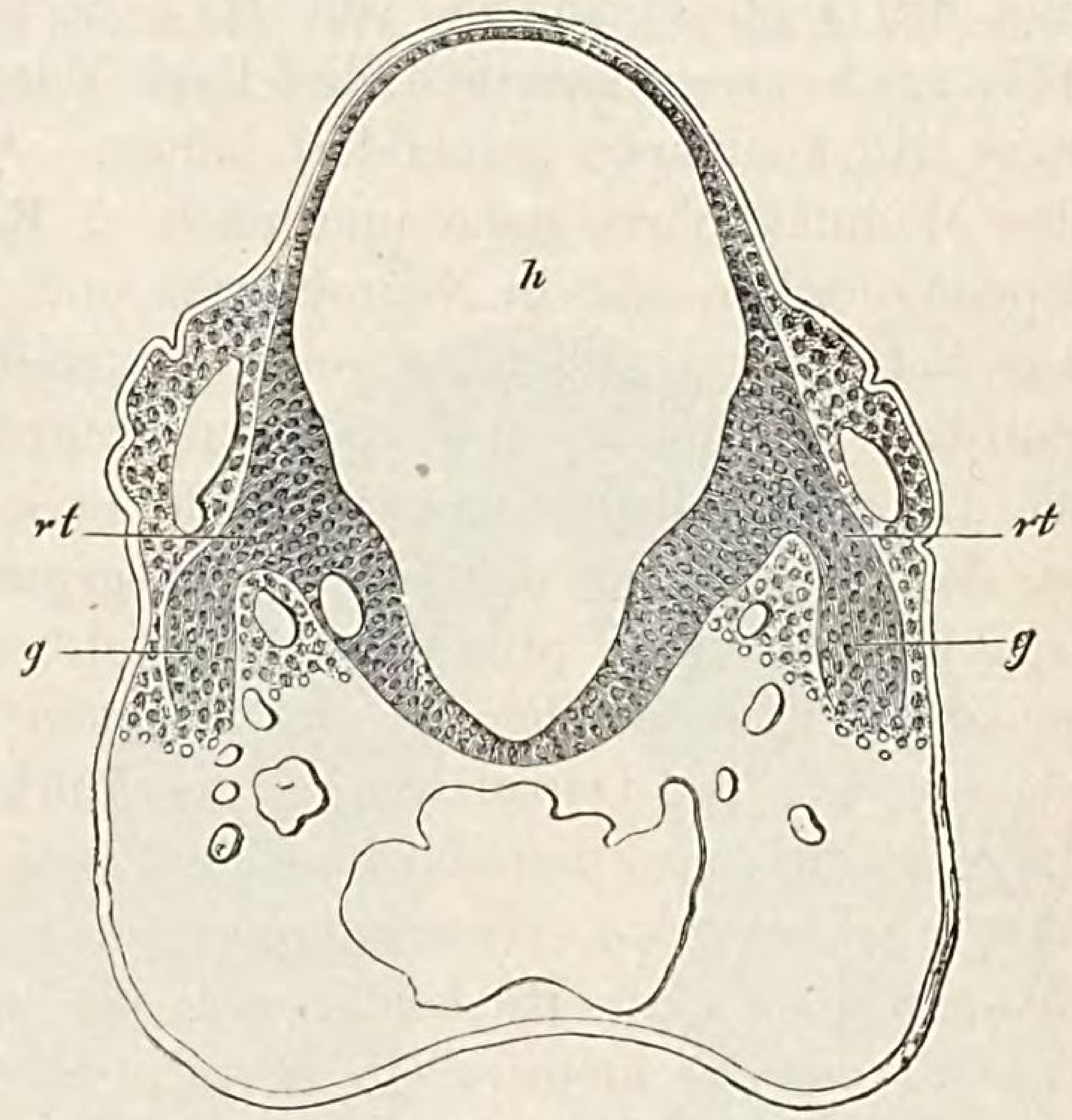


Fig. 509.

halb des Gehirns aus den Ganglienzellen derselben als bipolare Elemente, die dann aber später mit wenigen Ausnahmen (Ganglien des *Acusticus, Corti*) unipolar werden (S. 136, Fig. 407). Gewisse dieser Nerven theilen sich auch beim Eintritte in das verlängerte Mark, wie die Rückenmarksnerven, in cerebral- und spinalwärts verlaufende Schenkel, wie der *Acusticus,* und alle dringen langsam von der Oberfläche in die Tiefe.

Zu diesen Nerven zählen die von *Froriep* bei Säugern entdeckten und auch von *Martin* aufgefundenen vergänglichen Ganglien des Hypoglossus,

Fig. 508. Querschnitt durch den vordersten Theil des Hinterhirns und des Kopfes von einem 9 Tage alten Kaninchenembryo. Vergr. 84mal. *h* Hinterhirn; *g* Anlage des *Ganglion Gasseri*. Ausserdem sind dargestellt: Pharynx, Chorda, vordere und hintere Theile eines Aortenbogens jederseits und eine Vene (?) neben dem Gehirn.

Fig. 509. Querschnitt durch den vordersten Theil des Hinterhirns und den Kopf eines Kaninchenembryo von 10 Tagen. Vergr. 66mal. Der vordere Theil des Schnittes ist verletzt und konnten namentlich der Pharynx und die Chorda nicht dargestellt werden. *h* Höhle des Hinterhirns; *g Ganglion Gasseri*; *rt* Wurzel des *Trigeminus*.

die queren *Vago-Glossopharyngeuswurzeln* und die absteigende Wurzel dieses Nerven, mit den *Ganglia jugularia* und dem *Ganglion petrosum*, der *Nervus Wrisbergii* oder *intermedius* mit dem *Ganglien geniculi*, der *Acusticus* mit den *Ganglia cochleae et vestibuli*, die *Portio major Trigemini* mit dem *Ganglion Gasseri* und nach *Martin* die sensiblen vergänglichen Ganglien des *Trochlearis* und *Oculomotorius*.

Eine weitere sehr bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit gewisser dieser Nerven, nämlich des VII. IX. und X. Nerven, ist die, dass ihre Ganglien vorübergehende Verbindungen mit der Epidermis eingehen, welche als Anlagen von Sinnesorganen anzusehen sind, die nicht zur Entwicklung gelangen (*Froriep*).

Mit Bezug auf die erste Entwicklung der Kopfnerven geht namentlich aus den Untersuchungen von *His* hervor, dass im Rautenhirne *His* oder Hinterhirne wesentlich dieselben Vorgänge Platz greifen, welche wir schon beim Rückenmarke geschildert haben. Auch hier zerfällt die primitive Anlage des Medullarrohres nach und nach in Bildungszellen der Nervenfasern und in Ependymzellen oder in Neuroblasten und Spongioblasten. Die ersteren entwickeln aus sich einmal alle motorischen Wurzelfasern und zweitens alle sonstige graue Substanz im Innern und alle dem Centralorgane eigenen Nervenfasern, während die Ependymzellen ungemein früh zu langen Ependymfasern auswachsen, die in der *Raphe* am deutlichsten ausgeprägt sind (*Retzius*). Wie beim Marke wachsen in diese primitiven Bestandtheile des Gehirnrohres von aussen die sensiblen Elemente herein und zeichnen sich dadurch aus, dass dieselben alle, ebenso wie die Dorsalstränge des Markes, anfangs eine ganz oberflächliche Lage besitzen und dieselbe zum Theil auch später beibehalten, wie die absteigenden Wurzeln des *Vago-Glossopharyngeus*, *Nervus Wrisbergii*, *N. vestibali* und *Trigeminus*. Mit Rücksicht auf die speziellen Verhältnisse, die allmähliche Ausbildung der motorischen Kerne, der Wurzelfasern, der sensiblen Endkerne und der andern Elemente des Rautenhirns verweise ich auf die ausgezeichneten und ausführlichen Untersuchungen von *His*.

Ich führe nun hier noch in erster Linie die mit Bezug auf das erste Auftreten der Kopfnerven vollständigsten Untersuchungen von *Martin* über Embryonen der Katze an. Derselbe fand folgendes:

I. *Hypoglossus*. Von diesem Nerven ist das Bemerkenswertheste, dass er, wie zuerst *Froriep* gezeigt hat, bei Säugern auch dorsale Wurzeln mit Ganglien besitzt. Bei Embryonen von 5,5 mm Kopfsteisslänge fanden sich den zwei ventralen Wurzeln entsprechend zwei dorsale mit Ganglien, von denen das erste grösser war. Ausserdem schienen noch zwei weitere Wurzeln vorhanden zu sein. Embryonen von 6,5 mm Länge besassen mindestens vier, wahrscheinlich aber fünf Doppel-Wurzeln, von denen die dorsalen alle rudimentäre Ganglien haben, die von vorn nach hinten an Grösse abnehmen. Diese Ganglien sind alle kleiner als die der ersten Spinalnerven und diejenigen des *Vagus* und *Glossopharyngeus*, dagegen sind die sensiblen Wurzeln sogar kräftiger als die ventralen. Verbindungen beider Wurzeln wurden nicht gesehen.

Ein Embryo von 0,8 cm besass nur noch eine dorsale Wurzel mit Ganglion, die beide schon sehr rückgebildet waren (Fig. XI). Bei Embryonen von 1 cm ist die dorsale Wurzel sammt Ganglion verschwunden.

II. *Accessorius*, *Vagus*, *Glossopharyngeus*. Bei einem Katzenembryo von 4 mm findet sich ein spindelförmiges Glossopharyngeusganglion, 80 μ dahinter ein Vagusganglion, beide ohne Spur von Nervenfasern. Dahinter noch zwei gutausgebildete Ganglien zweifelhafter Bedeutung; noch keine ventralen Wurzeln.

Bei 5,5 mm beginnt der IX. Nerv ein zweites, ebenfalls spindelförmiges Ganglion in der Fortsetzung des ersten zu bilden, von welchem *Martin* vermuthet, dass es die Anlage der späteren zerstreuten peripheren Ganglien des Nerven bilde, was, wenn es sich als richtig ergäbe, eine gute Ergänzung des auf S. 228 von diesen Ganglien von mir Aufgestellten wäre.

Ebenso verhält sich auch der *Vagus* und besitzt derselbe ein *Ganglion supremum* und ein *secundum,* beide von Spindelform. Spinalwärts von dieser Wurzel liegt noch eine zweite kleinere mit kleinem Ganglion und Andeutung einer ventralen Wurzel. Ausserdem ist noch ein drittes Ganglion da, ob ein viertes ist zweifelhaft.

Bei 6,5 mm Länge ist beim IX. Nerven das zweite Ganglion bis an den Kiemenbogen gerückt. Am *Vagus* finden sich nun vier dorsale Wurzeln mit Ganglien, denen an dem zweiten bis vierten auch ventrale Wurzeln entsprechen, während die erste kaum solche zeigte. Embryonen von 0,8 cm zeigen den IX. Nerven unverändert. Am X. ist nur noch das erste Doppelganglion da. Die motorischen Wurzeln treten für sich aus.

Bei 1 cm Länge ist am IX. Nerven ein Endkern wahrzunehmen und die absteigende Wurzel (der *Fasciculus solitarius*), die in der Höhe des 1. Cervikalnerven endigt. Ein deutliches seitlich abgeplattetes Bündel lässt sich von der Austrittsstelle der 9. Wurzel cerebralwärts bis zur Eintrittsstelle der sensiblen Trigeminuswurzel verfolgen, mit der es verschmilzt. (Was dieses Bündel bedeuten soll, ist mir gänzlich unklar.)

Der *Vagus* zeigt ein kleineres *Ganglion supremum* und ein grosses *Ganglion secundum.*

III. *Acusticus*, *Facialis*, *Abducens.* Bei 3,25 mm Nackensteisslänge ist nur Ein *Acusticus ganglion* vorhanden zwischen Gehörgrube und Medullarrohr (Fig. 510 von einem Hühnerembryo).

Der *Facialis* zeigt vorläufig nur Ein Ganglion (das spätere *Ganglion geniculi*), steht ziemlich tief seitlich am Medullarrohre der proximalen Wand des Ohrgrübchens angelagert, ohne Spur von Fasern.

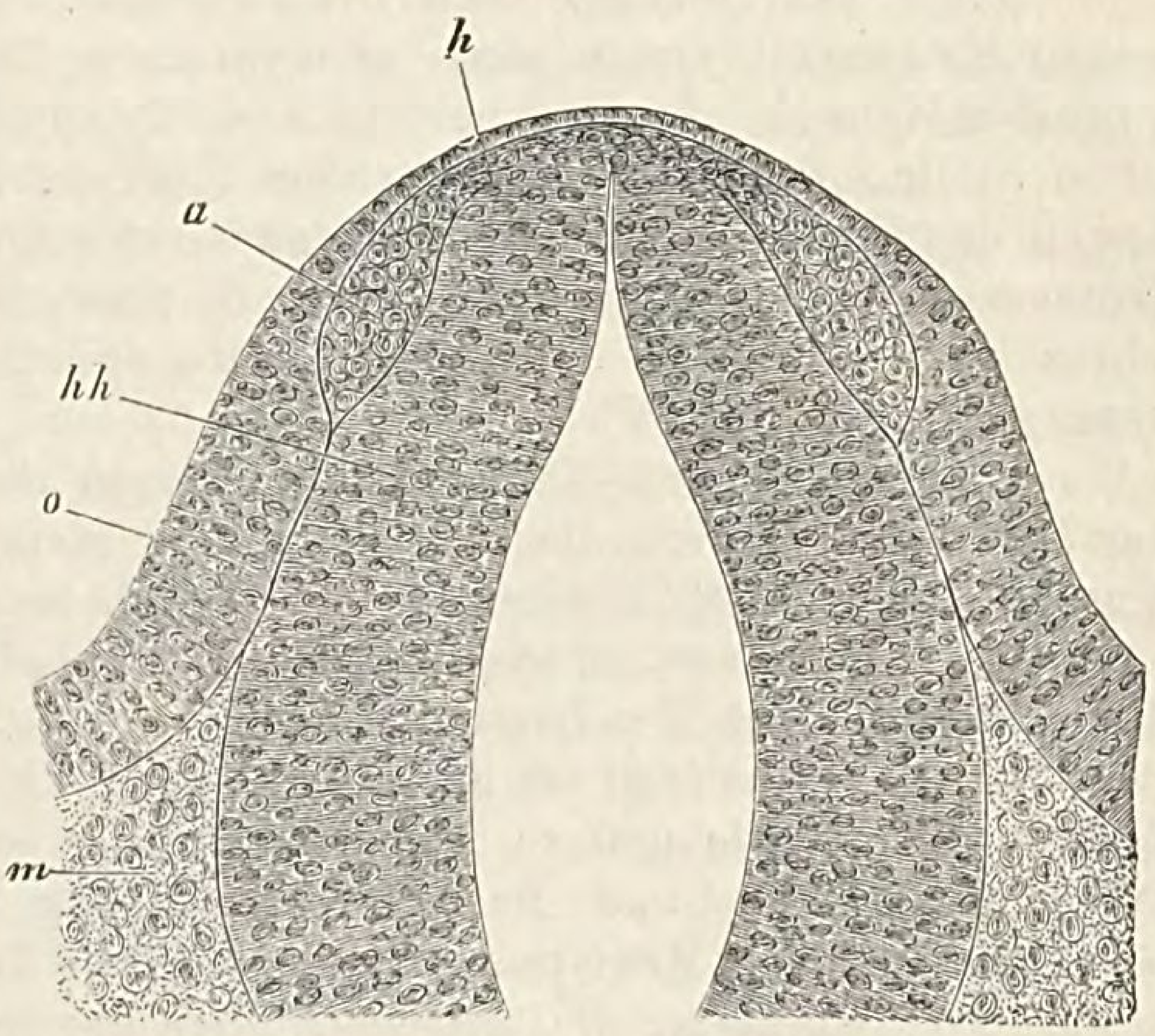


Fig. 510.

Bei 4 mm ist das Acusticusganglion, obschon die Ohrgrube geschlossen ist, nicht vorgeschritten, das Facialisganglion mehr entwickelt mit beginnender Faserbildung. Noch keine ventralen Wurzeln.

Bei 5,5 mm liegt das Acusticusganglion ventral vom Hirnbläschen noch ohne Fasern. Ganglion des VII. Nerven doppelt so gross als das Ganglion *Gasseri.* Embryonen von 6,5 mm zeigen das Facialisganglion spindelförmig und jetzt nur halb so gross, wie der *Gasser*'sche Knoten. Medial davon und dicht darüber hinweg findet sich dicht am eben hervorsprossenden Schneckenkanale das noch undeutlich in ein *Ganglion cochleare* und *vestibulare* getrennte *Ganglion Acustici.*

Bei 0,8 cm Länge zeigt der *Facialis* seinen Kern und den Anfang der ventralen Wurzel. Am *Acusticus* ist nur der *Nervus cochleae* nachweisbar. Der ventrale Endkern beginnt sich zu bilden.

Fig. 510. Querschnitt durch das Hinterhirn und die angrenzenden Theile eines Hühnerembryo von 44 Stunden in der Gegend der Gehörblase. Vergr. 222 mal. *o* Offene Gehörblase; *h* Ectoderma über dem Hinterhirn; *hh* Hinterhirn; *a* Anlage des *Ganglion acustici*; *m* Mesoderm.

1 cm lange Embryonen zeigen am *Facialis* den Kern gut gesondert und dorsalwärts davon die erste Anlage des Abducenskernes (Fig. XII). Die ersten Spuren des *Abducens* sind bei 4 mm sichtbar in halber Höhe des Medullarrohres. Allmählich sinkt derselbe in die ventrale Lage herab, die er bei 1 cm langen Embryonen besitzt. Der *Acusticus* hat einen schärfer gesonderten ventralen Kern und einen in Bildung begriffenen dorsalen Kern. Der *Nervus vestibuli* kreuzt den *Nervus cochleae* und liegt das kleine *Ganglion vestibulare* quer über dem *Ganglion cochleare* an der medialen Seite des *Vestibulum*.

IV. *Trigeminus*. Bei 3,25 mm ist das *G. Gasseri* bereits abgelöst und liegt neben dem Hirnrohre (Fig. 509). Die Verbindung mit demselben ist auch bei 4 mm Länge noch nicht da und wird dieselbe erst bei 6,8 mm deutlich. Die ventrale Wurzel ist schon bei 3,25 mm in der ersten Anlage begriffen. Bei 0,8 cm ist die sensible Wurzel kräftig, *Ganglion Gasseri* mächtig, rundlich spindelförmig mit dem 1. und 2. Aste und am 1. Aste eine walzenförmige Fortsetzung des Ganglion. Ventrale Wurzel noch ohne deutlichen Kern dicht an der sensiblen gelegen.

1 cm lange Embryonen endlich besitzen einen deutlichen motorischen Kern. An der sensiblen Wurzel nun der absteigende Theil oberflächlich als platter Strang an der *Medulla oblongata* sichtbar bis zum Gehörbläschen.

V. *Trochlearis, Oculomotorius*. Diese beiden Nerven haben bei 3,25 mm langen Katzenembryonen einen gemeinsamen Ursprung und Anlagen einer dorsalen und ventralen Wurzel. Erstere besteht aus einem Abschnitte der Ganglienleiste an der typischen Stelle, während die ventralen Wurzeln in Form von Neuroblasten mit ziemlich langen das Medullarrohr überschreitenden Ausläufern, verschieden von denen der andern Hirnnerven, vom unteren Fünftel der Seitenwand des betreffenden Abschnittes des Hirnrohres bis in die Nähe der Ganglienleiste und bis zur dorsalen Mittellinie sich verfolgen lassen (Fig. III und IV).

Embryonen von 4 mm Länge zeigen den III. und IV. Nerven getrennt. Am *Oculomotorius* ist die Ganglienanlage klein ohne Faserbildungen. Die motorische Wurzel steht nur 80 μ tiefer und lässt sich in einer Breite und Länge von 100 μ schief gegen die Augenblase zu nachweisen. Einzelne Neuroblasten dieser Wurzel zeigen schon kleine Anlagen des Dendritenstammes.

Beim *Trochlearis* ist die Lage der die ventralen Wurzeln erzeugenden Neuroblasten eine dorsale und so, dass die Elemente der rechten Wurzel rechts und die der linken links liegen und die spätere Kreuzung nur durch einige Fäserchen und Zellen neben der dorsalen Mittellinie angedeutet ist. Nun besitzt auch der *Trochlearis* eine ihm eigene Ganglienanlage, die mit der Anlage des *Ganglion Gasseri* nicht in Verbindung ist.

Embryonen von 5,5 mm zeigen die beiden Ganglien etwas entwickelter und bei solchen von 6,5 mm ist das Oculomotoriusganglion äusserst deutlich, vom Gehirne abgelöst und ventralwärts verschoben, jedoch ohne Spur einer weiteren Entwicklung. Dasselbe gilt vom Trochlearisganglion. Anders bei Rindsembryonen, bei denen *Martin* an solchen von 32 Tagen die ersten Anfänge zur Bildung peripherer Nervenfasern fand. Auch hier verschwand übrigens das Ganglion später. Embryonen von 0,8 mm zeigen beide Ganglien nicht mehr. Die Oculomotoriuswurzel liegt immer noch mehr seitlich als später und die Trochleariswurzel besitzt nur wenige gekreuzte Fasern.

In Hinsicht auf die letzte Entwicklung des *Trochlearis* und *Oculomotorius* in Betreff ihrer gekreuzten Fasern, war auch *Martin* nicht im Stande das Genauere zu ermitteln. Beim III. Nerven ist die Erklärung der Entstehung seiner gekreuzten Fasern nicht schwer. Man braucht nur anzunehmen, dass ein Theil seiner Neuroblasten die ventrale Medianebene durchsetzt und auf der entgegengesetzten Seite austritt, geradeso wie im Rückenmarke ein Theil der Strangzellen ihre Fortsätze durch die ventrale Kommissur zum contralateralen Vorder-Seitenstrange sendet. Was dagegen den *Trochlearis* betrifft, so sehe ich keine andere Möglichkeit als dessen Neuroblasten, die anfangs nur in der dorsalen Mittellinie liegen (*Martin*, Fig. III), etwa wie die dorsalen embryonalen Zellen im Fischrückenmarke (s. S. 172 und eine Figur von *His*, die ich nachträglich noch hervorhebe, Neuroblasten Fig. 31), später auch tiefer von der Ventralseite herkommen und dorsalwärts herüber wuchern zu lassen, denn an ein Herüberwandern der Bildungszellen von rechts nach links und umgekehrt ist doch wohl kaum zu denken. Solche Zellen

würden dann morphologisch denen gleichzuachten sein, die *Lenhossek* und *Ramón* in neuesterZeit aus den Ventralhörnern des Markes in die sensiblen Wurzeln übertreten sahen.

Neben den Untersuchungen von *Martin* sind die Erfahrungen von *His* von besonderer Bedeutung, weil sie auf den Menschen sich beziehen. Derselbe giebt in seiner Entwicklung des Rautenhirns schöne Darstellungen der Entwicklung des *Tractus solitarius*, des XII. XI. X. IX. VIII. VII. V. Nerven (Fig. 10—18) und in den „Centralen und periph. Nervenbahnen" in den Figg. 20—27 und Tafel I, II gute Ergänzungen dazu. Besonders beachtenswerth ist der an einer Schnittserie von Prof. *Kollmann* von einem menschlichen Embryo von 17 mm Nackensteisslänge gelungene Nachweis (I. Abh. S. 71), dass auch hier der *Nervus Wrisbergii* mit seinem *Ganglion geniculi* als eine ursprünglich selbständige Bildung auftritt und im Marke an den *Tractus solitarius* sich anschliesst, wie ich dies oben vom Erwachsenen auseinandersetzte.

Die Untersuchung von *W. His* junior über die Entwicklung des *Acustico-facialis* ergaben als Bemerkenswertestes folgendes:

1. Die Anlage der Ganglien des *Nervus cochleae, N. vestibuli* und *N. Wrisbergii* ist ursprünglich zusammenhängend.

2. Später scheidet sich der *Facialis* ab und schliesst das *Ganglion geniculi* in sich. Die übrige Ganglienmasse hängt noch zusammen und bildet sich zwischen den *G. vestibuli* und *G. cochleae* ein Zwischenganglion, aus welchem der mittlere Ast des *Acusticus* zum *Sacculus* und zur *Ampulla inferior* entspringt. Dieses Zwischenganglion scheint später theils dem *N. cochleae*, theils dem *N. vestibuli* sich anzuschliessen.

3. Die Entstehung des *Ganglion ventrale* konnte nicht ermittelt werden.

4. Vom *Ganglion geniculi* ist bemerkenswerth, dass die Zahl seiner Zellen die der Chordafasern um das sechs- bis siebenfache übertrifft. Welche Bedeutung den überzähligen Zellen zukommt, konnte nicht ermittelt werden.

Mit Rücksicht auf diese letztern Untersuchungen mache ich noch auf zweierlei aufmerksam. Erstens auf die Fig. X von Martin, der bei der Katze einen ganz selbstständigen *Facialis* mit grossem Ganglion zeichnet, das im Medullarrohre drin mit dem Facialiskerne zusammenhängt und zweitens, dass *His* senior bei dem oben erwähnten menschlichen Embryo einen ganz selbständigen *N. Wrisbergii* fand.

Endlich betone ich noch die Entdeckungen von *Froriep*. die uns einen Blick in ganz ungeahnte Verhältnisse thun lassen, die an bleibende Zustände der niedrigsten Wirbelthiere erinnern. Derselbe fand, dass die Ganglien der drei oben genannten Kopfnerven in ganz innige Berührung oder Verschmelzung mit gewissen, an der dorsalen Grenze der Kiemenspalten sich entwickelnden Epidermisverdickungen gelangen, die an der freien Oberfläche grubenartig vertieft sind. Obschon die betreffenden Ganglien an dieser Stelle nicht ihr Ende erreichen, sondern an ihrem distalen Pole weiter auswachsen, so müssen doch die genannten Verbindungsstellen als Anlagen von Sinnesorganen betrachtet werden, die nicht zur Entwicklung fortschreiten, Organe, die den Sinnesorganen der Seitenlinie niederer Wirbeltiere an die Seite zu stellen sind. Aus den genannten Ganglien entwickeln sich auch Visceralbogennerven, wie bei Selachiern. Diese rudimentären Kiemenspaltenorgane finden sich bei Rindsembryonen von 6—12 mm Körperlänge und sind bei 16 mm spurlos verschwunden.

§ 147.

Faserverlauf in der *Medulla oblongata* und den basalen Theilen des Hinterhirns oder Rautenhirns von *His*.

Nach Beschreibung aller einzelnen Theile, welche die *Medulla oblongata*, die Brücke und die Hirnstiele zusammensetzen, bleibt nun noch übrig die Beziehungen dieser Theile zu einander im Zusammenhange zu besprechen. Hierbei werden uns wesentlich zwei Fragen zu beschäftigen haben: 1. Welches ist das Schicksal der aus dem Rückenmarke in diesen Hirntheil eintretenden leitenden Elemente und 2. wie verhalten sich die in der *Medulla oblongata*, der Brücke

und den Hirnstielen auftretenden neuen Faserbahnen und zelligen Elemente zu den ersteren und zu einander.

Ad I. Das Schicksal der aus dem Rückenmarke stammenden Elemente betreffend, so besprechen wir in erster Linie

a) Die Pyramidenbahnen. Diese Stränge gehen soweit sie aus dem Marke stammen, unzweifelhaft unverändert durch das ganze verlängerte Mark,

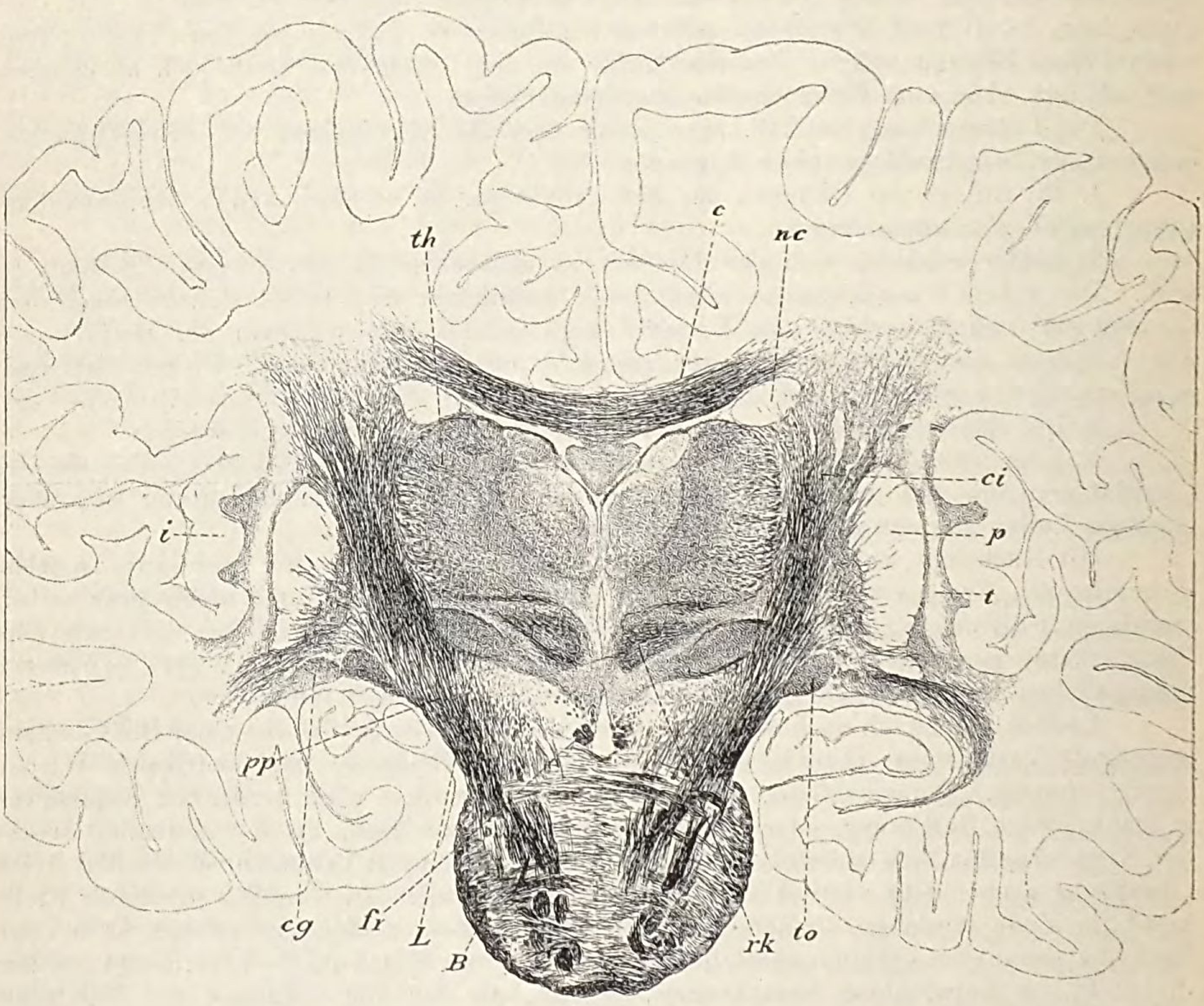


Fig. 511.

die Brücke und die Hirnstiele durch. Auf der andern Seite verdient Beachtung, dass dieselben während dieses Verlaufes durch eine Anzahl Fasern sich verstärken, welche von den Hirnstielen heruntersteigend nach und nach gegen das Rückenmark zu sich verlieren (Fig. 511). Das Vorkommen solcher

Fig. 511. Frontalschnitt durch das grosse Gehirn des Menschen. Nach einem von Prof. *O. Schultze* mit seinem grossen Schneideapparate gefertigten und nach *Weigert* gefärbten vorzüglichen Schnitte. Nat. Gr. *B* Brücke mit den nach oben sich verstärkenden Längsfasern; *pp Pes Pedunculi*; *ci Capsula interna; p Putamen* (weiss); *t Nucleus taeniaeformis* (weiss); *th Thalamus* mit 3 Kernen; *rk* Rother Kern; *L Corpus Luysii*; *to Tractus opticus*; *fr Fasciculus retroflexus,* davor die Querschnitte der Oculomotoriuswurzeln; *nc Nucleus caudatus; c Corpus callosum; cg Corpus geniculatum laterale; i Insula Reilii.*

Elemente, die als Verbindungen der Grosshirnpyramidenbahn mit den motorischen Kernen aller Hirnnerven aufzufassen sind, lässt sich physiologisch mit Sicherheit und zum Theil auch anatomisch mit grösserer oder geringerer Bestimmtheit nachweisen, wie wir oben sahen. Wenn es sich dagegen darum handelt, die Menge dieser Pyramidenbahnen der *Oblongata* mit Genauigkeit zu bestimmen, so ergeben sich grosse Schwierigkeiten. Längsschnitte, die von der Pyramidenkreuzung zum Hirnstiele reichen, ergeben zwar mit Leichtigkeit eine mächtige Zunahme der Längsfasern zwischen und in den zwei Querfaserschichten der Brücke, allein es ist nicht daran zu denken, auch nur die Mehrzahl dieser Elemente den Pyramidenbahnen zuzurechnen, vielmehr sind sehr viele derselben, wie man mit Sicherheit weiss, als fremde, aus dem Gehirne stammende oder in der Brücke entstandene neue Längsfasern aufzufassen. Beim Mangel anatomischer Thatsachen wird wohl eine genaue Verfolgung der Markscheidenbildung in den longitudinalen Brückenelementen und eine Verwerthung pathologischer Erfahrungen genauere Resultate geben und soll dasjenige, was in dieser Beziehung vorläufig sich sagen lässt, weiter unten bei der Brücke zur Besprechung kommen.

b) Die Kleinhirnseitenstrangbahn ist ein zweiter Faserzug, der aus dem Mark in die *Oblongata* übergeht, dessen Verhalten oben Seite 216 geschildert wurde.

c) Die Hinterstrangkleinhirnbahn ist ebenfalls schon auf Seite 216 besprochen worden.

d) Die Vorderstranggrundbündel gehen leicht nachweisbar und fast allgemein anerkannt in den *Fasciculus longitudinalis dorsalis* über. Da diese Stränge aus Strangzellen des Markes sich aufbauen, deren nervöse Ausläufer in der *Commissura anterior* sich kreuzen, so stellen dieselben eine gekreuzte sensible Leitung zweiter Ordnung dar. Die Elemente des Längsbündels erschöpfen sich in ihrem Aufsteigen nach und nach, wie eine Vergleichung des Vorderstranggrundbündels in der Gegend der Pyramidenkreuzung, da wo dasselbe dorsalwärts gedrängt wird, in seinem Durchmesser mit demjenigen des *Fasciculus dorsalis* in der Oliven-Gegend, in der Brücke und in den distalen Vierhügeln leicht ergiebt. So gelangt das Bündel endlich in den Bereich der Oculomotoriuskerne und der proximalen Vierhügel und verliert sich hier, wie wir oben sahen (S. 303), im Bereiche des vor mir so genannten Kernes der distalen Kommissur. In seinem ganzen Verlaufe giebt das Längsbündel Collateralen an die Kerne der XII. VI. IV. und III. Nerven ab und erschöpft sich zugleich unter Endumbiegungen in denselben. Physiologisch vermittelt somit dieses Bündel Einwirkungen gewisser sensibler Fasern der *Nervi spinales* auf die genannten motorischen Kerne.

Bechterew, der das dorsale Längsbündel wie alle anderen Autoren aus den Vorderstranggrundbündeln ableitet, spricht die sehr eigenthümliche Ansicht aus (Neur. Centralbl. 1885 S. 343), dass genanntes Bündel in seinem Verlaufe nach der cerebralen Seite zu nach und nach die aus dem Rückenmarke stammenden Fasern verliere, vielmehr alle (*? B.*) seine Elemente aus den Augenmuskelnerven beziehe. Dem entsprechend liessen sich die Fasern dieses Bündels nur bis zum Oculomotoriuskerne verfolgen, wo dieselben theils nachweislich in Oculomotoriusfasern übergingen, theils zwischen dessen Kernen verschwänden, theils in die *Commissura distalis* umbögen. Bei aller Hochachtung vor dem verdienten russischen Gehirnanatomen muss ich mir doch die

Bemerkung erlauben, dass bis anher Niemand einen Ursprung des dorsalen Längsbündels aus irgend einem Augenmuskelnerven nachgewiesen hat und dass ein solcher Ursprung von vornherein als sehr unwahrscheinlich, um nicht zu sagen unmöglich zu erachten ist.

e) Die Seitenstrangreste. Die Theile des Seitenstranges, die nicht mit der Kleinhirnseitenstrangbahn in das kleine Gehirn und mit der lateralen Pyramidenbahn in die Pyramiden übertreten, bestehen einmal aus dem sogenannten *Gowers*'schen Bündel und zweitens aus der an die graue Substanz des Ventralhorns angrenzenden weissen Substanz des Seitenstranges. Verfolgt man diese Elemente distalwärts von den Oliven und in der Höhe dieser von der Pyramidenkreuzung an, so ergiebt sich, dass dieselben einmal an der ventralen Seite der lateralen Kleinhirnbahn als ein kompaktes Bündel von Längsfasern sich erhalten, das wesentlich auf den *Fasciculus antero-lateralis* (*Gowers*' Bündel) zurückzuführen ist, ein Bündel, das an das lateralen dorsalen Seite der Oliven weit gegen die Brücke und bis in die Haubengegend in derselben sich verfolgen lässt und nach *Bechterew* in den kleinen Oliven endet, dagegen keine Beziehungen zur lateralen Schleife darbietet. Zweitens sind als Fortsetzungen von Theilen der lateralen Markstränge zu betrachten zahlreiche kleine Längsbündel dorsalwärts von den Oliven, die von *Stilling* als Seitenstrangreste bezeichnet wurden und bei *Edinger* als in seinem motorischen Felde der Haube einbegriffen erscheinen.

Ferner rechnet *Bechterew* auf Grund der Markscheidenbildung zu den Resten der Seitenstranggrundbündel noch zwei Fasergruppen und zwar einmal die zwischen den dorsalen Längsbündeln und der Olivenzwischenschicht eingeschalteten spärlichen Längsbündel und zweitens die lateral von den Hypoglossuswurzeln und besonders des dorsalen Längsbündels gelegenen Elemente.

Das weitere Schicksal aller dieser Längsbündel in ihrem Verlaufe gegen das Gehirn zu hat bis jetzt allein *Bechterew* verfolgt. (Neur. Centrbl. 1885 S. 342 und hierbei bei Embryonen von 25—28 cm Länge folgendes gefunden: Bereits im Gebiete des sogenannten *Roller*'schen Centralkernes verschwindet die Mehrzahl der in den ventralen Theilen beider Abschnitte der *Substantia reticularis* (der *alba* und *grisea*) gelegenen Fasern. (In demselben Kerne sollen auch aus den Kernen der *Burdach*'schen und *Goll*'schen Stränge stammende *Fibræ arcuatæ* sich verlieren, nachdem sie z. Th. in die Längsrichtung übergegangen sind.) Eine weitere bedeutende Zahl von Vorderstrang- und Seitenstranggrundbündelresten der medialen und lateralen ventralen Abschnitte der *Substantia reticularis* lässt sich in die Brücke hinein bis zum *Nucleus reticularis tegmenti* von *Bechterew* verfolgen; der letzte Rest endlich soll bis zum *Nucleus centralis superior* gehen.

Bei Embryonen von 33 cm Körperlänge findet sich ein laterales System von Seitenstrangresten, dass mit Sicherheit nur bis zum Seitenkerne zu verfolgen ist.

Bei 40 cm langen Fötus wird ein lateral dorsales System der *Formatio reticularis* markhaltig, das in der Brücke nach aussen und hinten vom Facialiskerne und im *Pedunculus cerebri* nach aussen und hinten vom rothen Kerne liegt. Dieser Faserzug der nach vielen Seiten noch unklar ist, scheint nur zum Theil aus dem Marke, grösseren Theils aus der *Oblongata* zu stammen, woher ist zweifelhaft, und in die Haubenstrahlung der medialen Kapsel überzugehen.

Alle Fasern der Seitenstrangreste gehören in dieselbe Kategorie und sind im Rückenmarke entstandene Strangfasern, von denen viele schon im Marke sich kreuzten und von Kommissurenstrangzellen abstammen, andere aber an derselben Seite cerebralwärts verlaufen, auf der auch ihre Ursprungszellen liegen (Siehe beim Rückenmarke). Ferner sind vom physiologischen Standpunkte aus alle diese Elemente als centripetale oder sensible Leitungsorgane zweiter Ordnung anzusehen und darf man mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen, dass dieselben durch ihre in grosser Anzahl von mir aufgefundenen Collateralen auf die mehr lateral gelegenen motorischen Kerne des *Accessorius, Vago-Glossopharyngeus (Nucleus ambiguus), Facialis* und *Quintus* einwirken und beim Zustandekommen einer Reihe von Reflexen thätig sind.

Ad II. Neue in der *Med. oblongata* auftretende Elemente sind:

A. von Nervenfasern.

a) Die Wurzeln der sensiblen Hirnnerven und zwar: Die absteigende Vago-Glossopharyngeuswurzel oder der *Fasciculus solitarius*. — Die sensible Trigeminuswurzel. — Die Wurzel des *Nervus Wrisbergii*. — Die Wurzeln des *Nervus cochleae et vestibuli* mit Inbegriff der absteigenden Vestibulariswurzel.

b) Die Wurzeln der motorischen Hirnnerven und zwar des *Hypoglossus*, des *Accessorius*, der *Portio motoria Vago-Glossopharyngei*, des *Quintus* incl. *Ramus decendens, Abducens, Trochlearis, Oculomotorius*.

c) Die *Pedunculi Cerebelli* zum Theil.

d) Die Schleifenfasern.

e) Die Cerebello-Olivarfasern.

f) Die Leitungsfasern II. Ordnung, die mit den Endkernen der sensiblen Nerven in Verbindung stehen.

g) Die Strangfasern der *Medulla oblongata*.

B. Von grauer Substanz.

a) Die Endkerne der sensiblen Nerven.

b) Die Ursprungskerne der motorischen Nerven.

c) Die Ursprungszellen von Strangfasern der *Oblongata* oder die zerstreuten Zellen der *Substantia reticularis*.

d) Die grossen Oliven.

e) Die kleinen Oliven.

f) Die Pyramidenkerne.

g) Die Kerne der *Raphe* und die Brückenkerne.

h) Die Kerne der *Fasciculi graciles et cuneati*, hierher auch der äussere Kern des Keilstranges von *Blumenau* (Neur. Centr. 1891 S. 226 und 598).

i) Besondere kleine Kerne, wie die Kerne des *Lemniscus lateralis*, der Kern des Seitenstranges, die Zellen der *Substantia ferruginea* (siehe die Arbeiten von *Mingazzini* und *Amaldi* (Riv. Sper. di Freniatria 1892) *et nigra*, der Kern des *Fasciculus teres*, die Zellen des centralen Höhlengrau im *Aquæductus Sylvii*, nicht konstante Kerne

im *Corpus restiforme* (*Darkschwitsch* und *Freud*, *Blumenau*, *Wernicke*, *ich*) u. s. w.

Viele von den hier aufgezählten Theilen sind schon früher hinreichend besprochen worden und so wollen wir nur die Gebilde, die bis anhin nicht ausführlicher zur Schilderung kamen, behandeln und zwar vor allem die grossen

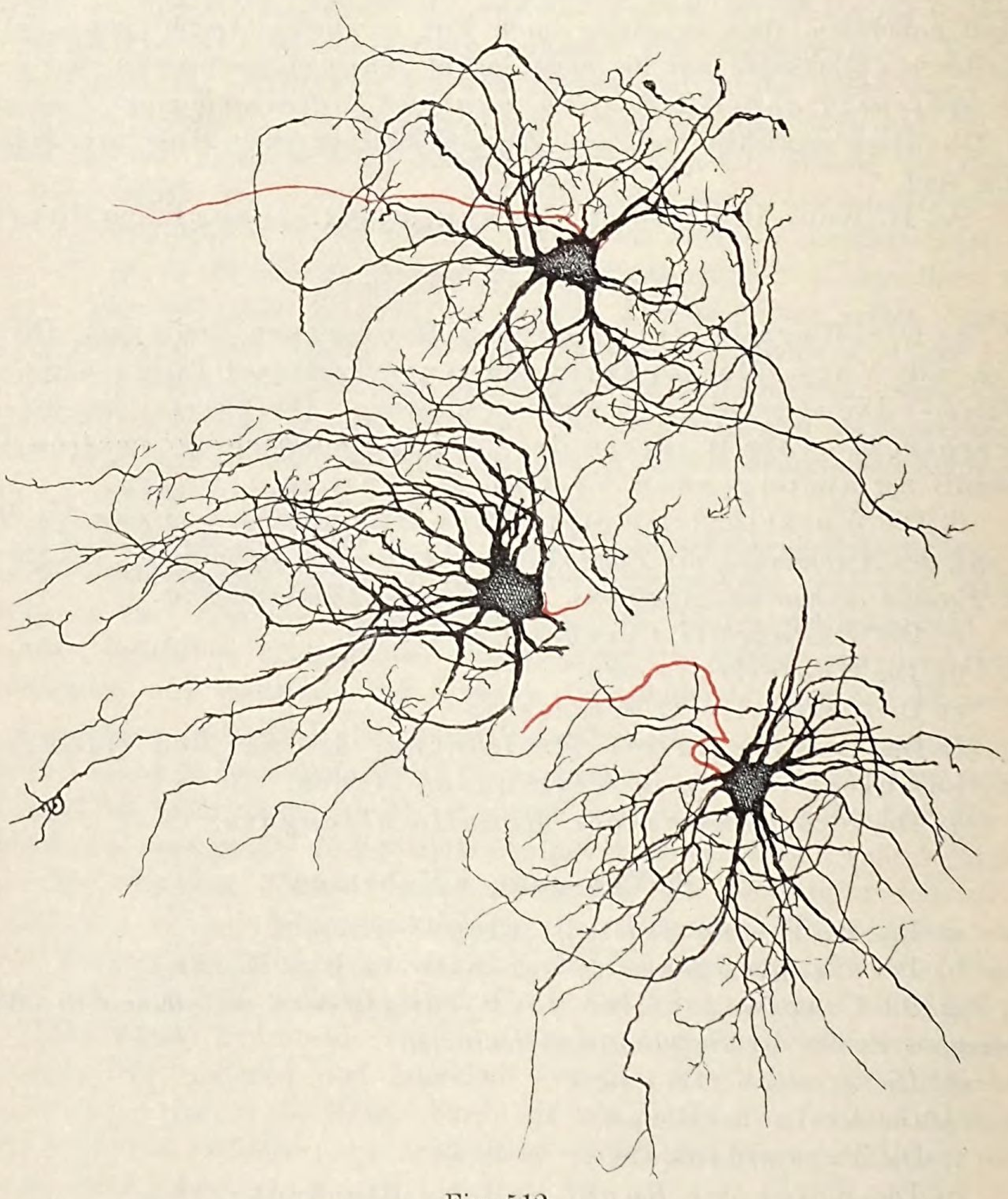


Fig. 512.

Oliven, die Strangzellen der *Oblongata* und die Brückenkerne und im Anschlusse an diese grauen Massen von Fasern vor allem die *Pedunculi cerebelli*, die *Fibrae arcuatae*, die Strangfasern, Schleifenfasern, die Leitungsfasern II. Ordnung der sensiblen Endkerne und die Brückenfasern.

Fig. 512. Drei Zellen der grossen Olive der Katze. Achsencylinder roth. Starke Vergr. *Golgi*.

A. Die grossen Oliven. Die Verbindungen und Faserungsverhältnisse dieser auffallenden Gebilde sind noch sehr wenig im Einzelnen bekannt. Während ältere Autoren, vor allem *Deiters* und *Meynert*, die Oliven einerseits mit dem kleinen Gehirne, andrerseits mit den Hintersträngen des Rückenmarks in Verbindung setzten und hierbei wenigstens in der Beziehung einen guten Blick bewiesen, als sie von dem Satze ausgingen, dass jeder Abschnitt des Nervensystems jedenfalls nach zwei Seiten Verbindungen besitzen müsse, begnügt sich die Mehrzahl der neueren Autoren mit dem Satze, dass jede Olive mit der entgegengesetzten Kleinhirnhälfte verbunden sei und wird die Frage gar nicht erwogen, wie denn die Olive auf das kleine Gehirn wirke und umgekehrt und ob nicht andere Theile der *Medulla oblongata* mit der

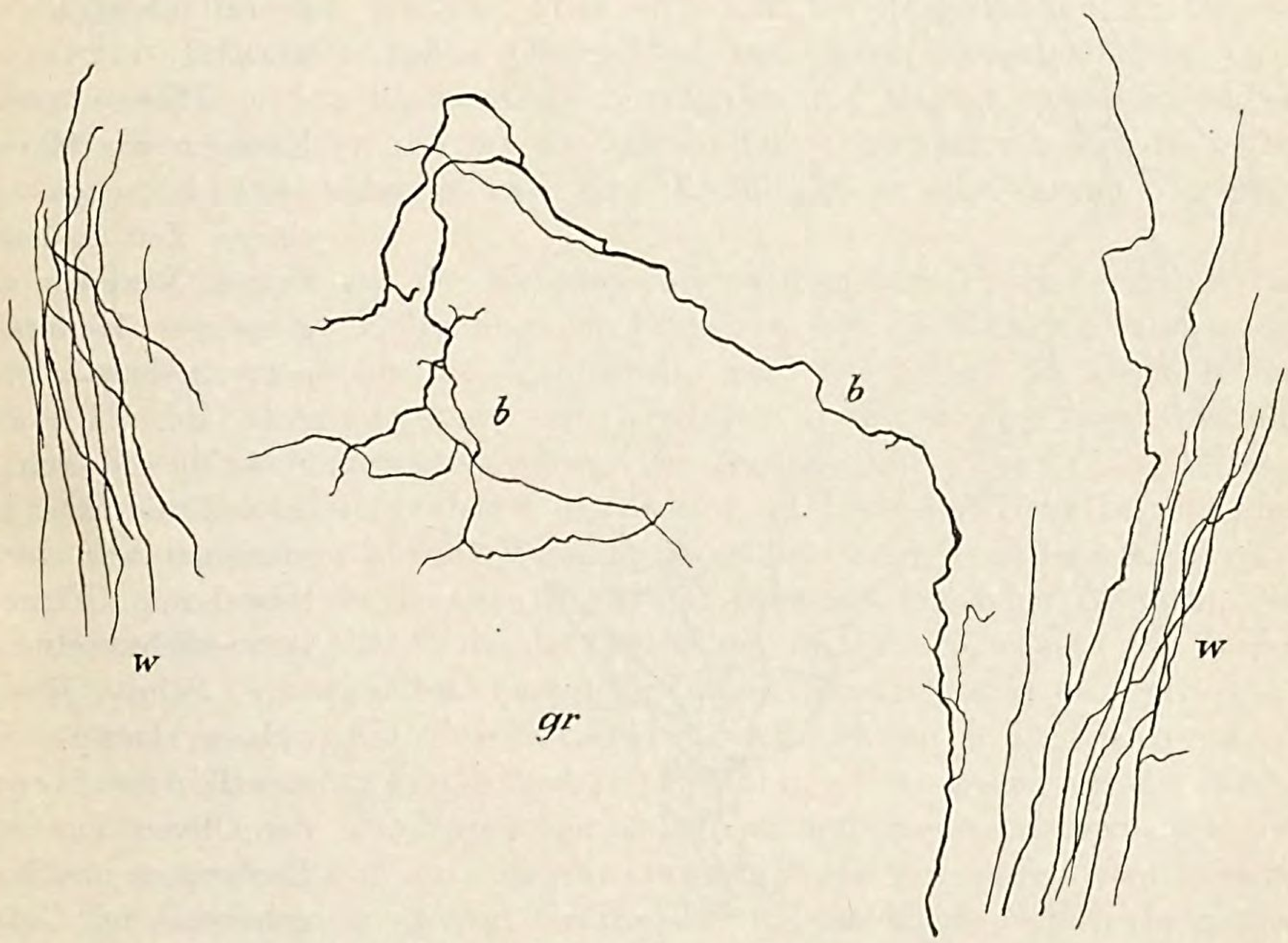


Fig. 513.

Olive zusammenhängen. Einzig *Bechterew* glaubt in seiner centralen Haubenbahn eine Beziehung der grossen Olive zum grossen Gehirne nachgewiesen zu haben.

Dieser eigenthümliche Stand der Frage beruht in erster Linie auf der bis jetzt ungenügenden Kenntniss des feinsten Baues der Oliven. In der That ist alles, was man bis vor kurzem in dieser Beziehung wusste, in der fleissigen Arbeit von *Livio Vincenzi* enthalten, in der an *Golgi*'schen Präparaten zuerst die eigenthümliche Form der Zellen der Oliven und der Verlauf ihrer Achsencylinder

Fig. 513. Aus der grossen Olive eines menschlichen Embryo. Starke Vergr. *w* weisse Substanz an der Oberfläche der grauen Lamellen *gr*; *b* eine Binnenfaser, die von der weissen Substanz sich ablöst, mit zahlreichen Verästelungen. Die ungetheilt durch die graue Lamelle verlaufenden Olivenfasern sind nicht dargestellt. *Golgi*.

vortrefflich dargestellt wurde, von welchen Zellen ich hier noch eine Ansicht zum Theil von der Fläche gebe, in welcher ihre sehr eigenthümlichen Dendriten zur Anschauung kommen (Fig. 512). Was aber diesem Forscher verborgen blieb, war von grösster Wichtigkeit für die Auffassung dieses Organes, nämlich das, dass die Oliven ausser ihren Zellen und den von denselben entspringenden Nervenfasern und selbstverständlich einer gewissen Anzahl von Gliazellen noch einen zweiten sehr bedeutungsvollen Bestandtheil enthalten, nämlich eine grosse Menge zuleitender Nervenfasern, die im Innern der Olivenblätter um die Zellen herum reichlich sich verästeln.

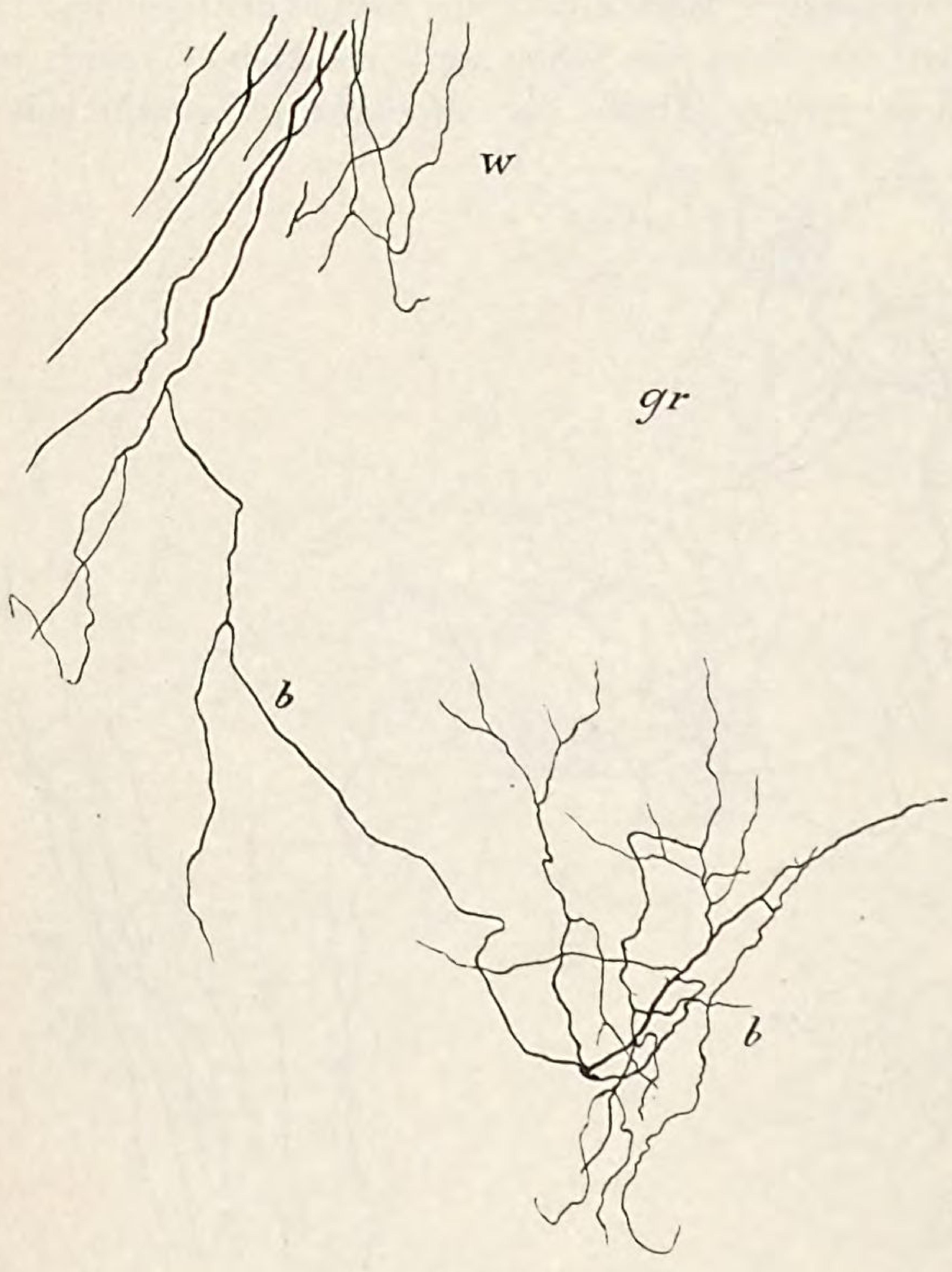


Fig. 514.

Dieses zweite Element der Oliven, das ich schon vor einiger Zeit in einer kurzen Notiz zur allgemeinen Kenntniss gebracht habe (Anat. Anz. Bd. VI. 1891 S. 427), soll nun in erster Linie näher beschrieben und durch beistehende Figuren versinnlicht werden.

Beim Menschen kenne ich diese Binnenfasern der Oliven nur von Embryonen und Neugeborenen an *Golgi*schen Präparaten und sind einige derselben in den Figuren 513 und 514 dargestellt. Dieselben zweigen sich sowohl von den Faserbüscheln ab, die von aussen zwischen zwei Windungen der Olivenblätter eindringen, als auch von denen, die wie Markblätter das Innere derselben erfüllen, dringen meist in schiefem Verlaufe, oft aber auch unter rechten Winkeln in die graue Substanz ein und enden in verschiedenen Tiefen derselben mit oft sehr reichen Verästelungen. Sehr oft zeigen auch diese Fasern schon innerhalb der weissen Substanz Theilungen, wie in der Fig. 514, oder wenigstens eine Abgabe von Nebenästchen (Fig. 513), doch findet sich die eigentliche Entverästelung stets in der grauen Substanz.

Fig. 514. Aus der grossen Olive eines Embryo des Menschen. Starke Vergr. *Golgi*. Erklärung wie bei Fig. 513.

Ausser diesen Fasern finden sich in den grauen Blättern der Olive noch eine Menge gerade oder leicht S-förmig gebogen verlaufender, unverästelter Fasern, wie sie bereits *Vincenzi* dargestellt hat, die nichts anderes sind, als die Achsencylinderfortsätze der Olivenzellen, von denen in meinen beiden Figuren nur einige wenige bei *w*, von der Oberfläche der grauen Olivenblätter dargestellt sind. In meinen Präparaten waren übrigens nirgends alle diese Achsencylinder gefärbt, jedoch immerhin noch bedeutend mehr als Binnenfasern, wie ich die verästelten eben geschilderten Elemente nennen will, und an diesen waren wiederum die Endverästelungen nur seltener so schön ausgeprägt, wie in den gegebenen Figuren 513 und 514. Ausser diesen beiderlei Faserarten waren auch überall eine gewisse Anzahl Olivenzellen gefärbt und ebenso auch da und dort Gliazellen.

Anders bei der Katze. Hier traf ich bei neugeborenen Thieren an *Golgi*'schen Präparaten neben Olivenzellen und deren Achsencylindern meist eine grosse Menge von Binnenfasern imprägnirt und zeigten dieselben wesentlich denselben Charakter, wie bei der kleinen Olive, weshalb ich auf die früher gegebene Fig. 485 verweise und eine ausführlichere Schilderung derselben unterlasse.

Gehen wir nun mit der Kenntniss dieses doppelten Fasersystems in den Oliven an die weitere Erörterung der Frage, woher die Binnenfasern der Olive kommen und wohin die eigentlichen, von den Zellen des Organes entspringenden „Olivenfasern" sich begeben, so finden wir, dass wohl alle Autoren, wenn auch unausgesprochen, der Ansicht sind, dass die Olivenfasern in das kleine Gehirn eintreten. Diese Ansicht ist nun aber meiner Meinung nach in keiner Weise begründet, und gerade umgekehrt als ganz verfehlt zu bezeichnen und zwar aus folgenden Gründen. In der weissen Substanz aller Crura des Cerebellum finden sich, ebenso wie in den Windungen des Organes selbst, wesentlich zweierlei Fasersysteme, centripetale und centrifugale. Als centrifugale sind überall und ohne Ausnahme nur die *Purkinje*'schen Fasern — so wollen wir der Kürze halber die von den *Purkinje*'schen Zellen entspringenden Nervenfasern bezeichnen — zu betrachten, als centripetale die von aussen vom Rückenmarke, der Brücke, dem grossen Gehirne her in das kleine Gehirn eindringenden Elemente. Da nun ferner die *Purkinje*'schen Fasern in allen Schenkeln des Cerebellum ebenso wie in dem grauen Belege seiner Windungen sicher eben so zahlreich sind, als die centripetalen Elemente, so folgt hieraus weiter, dass im *Pedunculus cerebelli* nicht nur centripetale Fasern vorkommen können, wie es der Fall wäre, wenn auch die Olivenfasern in das kleine Gehirn eingingen, sondern auch eine grosse Zahl von centrifugalen Bahnen, mit andern Worten viele *Purkinje*'schen Fasern. Frägt man dann weiter, in welche Theile diese centrifugalen Bahnen übertreten, so ergiebt sich per exclusionem, dass dies nur die Oliven sein können, denn die Kleinhirnseitenstrangbahn führt sicher nur centripetal leitende Elemente, ebenso wie die Hinterstrangkleinhirnbahn und die Bahn aus dem Seitenstrangkern. Somit stellen die Cerebello-Olivarfasern eine centrifugale Bahn dar und bestehen aus *Purkinje*-schen Fasern, die in den Oliven als Binnenfasern um die Olivenzellen enden.

Dies einmal festgesetzt, so erhebt sich die weitere Frage, wo enden die Olivenfasern? Da die Oliven jedenfalls einen bedeutenden, wenn auch indirekten Einfluss auf die willkürlichen Bewegungen haben, so liegt es am nächsten zu erwägen, ob nicht etwa die Olivenfasern in irgend einer Weise auf die Ursprungskerne der motorischen Wurzeln im Rückenmarke einzuwirken im Stande sind, ähnlich wie die Pyramidenfasern, und somit eine zweite centrifugal wirkende motorische Leitung darstellen.

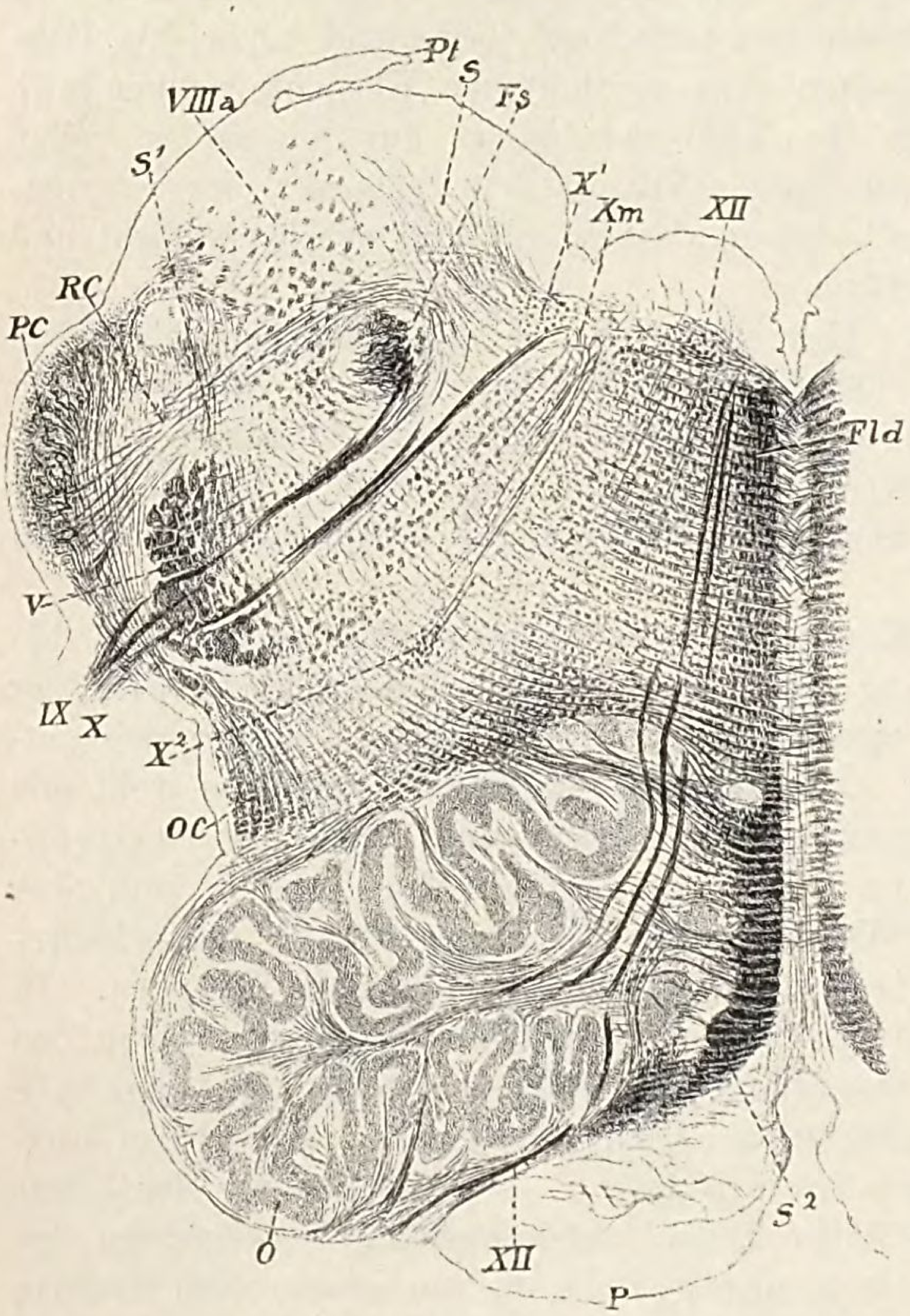


Fig. 515.

Eine bestimmte Antwort auf diese Frage lässt sich nun allerdings vorläufig nicht geben, immerhin liegen bestimmte Thatsachen vor, die lehren, dass die Oliven in einer näheren Beziehung zu den Seitenstrangresten der *Medulla oblongata* und somit auch zu den Seitensträngen des Rückenmarks stehen.

Im verlängerten Marke von Embryonen von 7, 8 und 9 Monaten, bei denen die Pyramiden noch marklos sind, finden sich in der Gegend der Oliven besondere Verhältnisse, die die Annahme eines Ueberganges von Olivenfasern in die Seitenstrangreste zu gestatten scheinen. Untersucht man hier die Theile der *Substantia reticularis*, welche die dorsale Nebenolive lateralwärts umgeben, oder die Gegend, wo später die um diese Zeit noch nicht markhaltige Haubenbahn von *Bechterew* liegt, so ergiebt sich, dass hier viele longitudinale Faserbündel sich finden, die um diese Zeit bereits markhaltig sind. Viele dieser

Fig. 515. *Medulla oblongata* eines menschlichen Embryo von 8 Monaten. 10 : 1. (Präp. 115, 116.) *P* Pyramide marklos mit einigen dunkelrandigen Fasern; *O* Olive mit Nebenoliven; *OC* Oliven-Cerebellarfasern; *PC Pedunculus Cerebelli*; *Pt* Ponticulus; *IX*, *X* Vago-Glossopharyngeuswurzeln; X^1 Vago-Glossopharyngeuskern, sensibler; *Fs Fasciculus solitarius* mit eintretender Wurzel; *Xm* Motorische Vago-Glossoph.-Wurzel mit Umbiegung; X^2 Motorischer Vago-Glossoph.-Kern (*Nucleus ambiguus*); *V* sensible V-Wurzel; *VIIIa* Absteigende VIII-Wurzel; *F.l.d Fasciculus longitudinalis dorsalis*; *S* mediale, S^1 laterale Schleifenfasern; S^2 Schleifenschicht als Olivenzwischenschicht; *RC* Dorsalstrang-Kleinhirnbahn; *XII* Hypoglossuskern und Wurzel. *Weigert-Pal.*

Bündel nun sind lateralwärts schief gerichtet und gehen nach und nach mit ihren Bestandtheilen in horizontal verlaufende Fasern über, welche dem dorsalen Olivenblatte folgend um den lateralen Theil der Olive ventralwärts ziehen, in *Fibrae arcuatae superficiales* übergehen und in verschiedenen Gegenden ihr Mark verlieren. Die Figur 515 zeigt die genannten Bündel ohne Bezeichnung lateralwärts die dorsale Nebenolive umgebend und weiter seitwärts den Uebergang ihrer Elemente in horizontale Fasern. Je mehr man nun dem cerebralen Ende der Oliven sich nähert, um so deutlicher und stärker werden diese horizontal verlaufenden Bündel und ziehen zum Theil bis an die ventrale Seite der Oliven. Zugleich verkleinert sich aber auch die Masse der Längsbündel, als deren Fortsetzung sie erscheinen, immer mehr, während gleichzeitig ein eigenthümlicher Zug von Fasern deutlich wird, dessen nach der lateralen dorsalen Seite der Oliven gerichteter Verlauf aus der Fig. 516, wo derselbe jedoch nicht bezeichnet ist, deutlich sich ersehen lässt. In der Gegend, von welcher diese Figur entnommen ist, sind die dorsalen eben geschilderten Längsbündel fast ganz geschwunden und nur ein Rest der von ihnen ausgehenden horizontalen Elemente vorhanden.

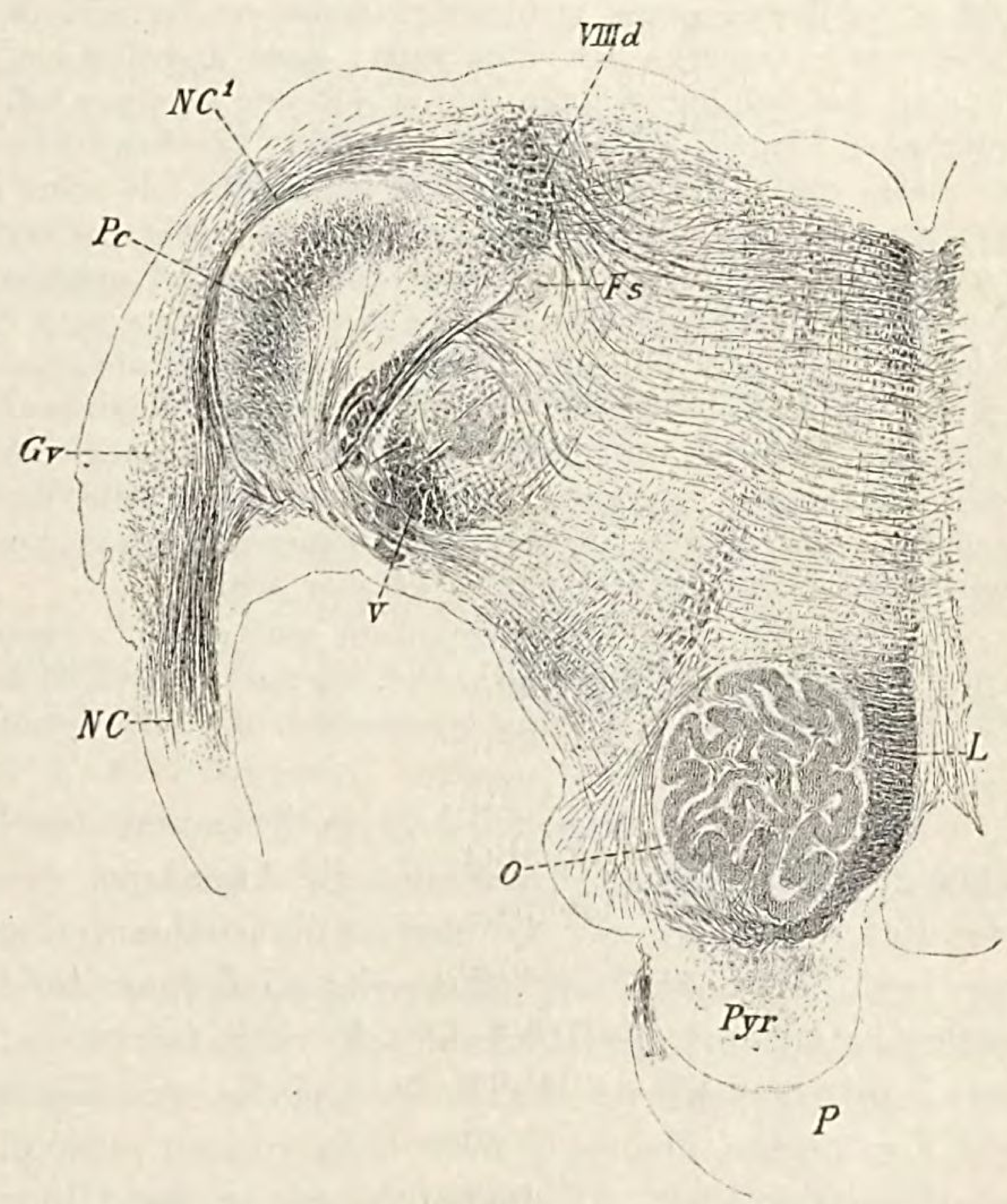


Fig. 516.

Dass diese eben beschriebenen horizontalen Elemente von Fasern gebildet werden, die aus der Olive abstammen, halte ich dem ganzen Verhalten derselben zufolge für unzweifelhaft und möchte ich ferner es für wahrscheinlich erachten, dass dieselben aus der contra-lateralen Olive kommen und zum Theil durch die Kommissur der Oliven, zum Theil durch die *Fibrae arcuatae ventrales* verlaufen. Ist diese Annahme richtig, so würden somit aus den Oliven kommende

Fig. 516. Querschnitt durch die *Medulla oblongata* eines menschlichen Embryo von acht Monaten dicht an der Brücke, Nr. 135 der Serie, *Weigert-Pal*, achtmal vergr. *P* Theil der Brücke; *Pyr Pyramis*; *O* grosse Olive; *L Lemniscus medialis*; *V* sensible Quintuswurzel; *Fs Fasciculus solitarius* mit Glossopharyngeuswurzel; *NC Nervus cochleae*; *Gv Ganglion ventrale acustici* mit dem Tuberculum an dessen lateraler Seite; *NC′* sekundäre dorsale Bahn aus dem *Ganglion* um den *Pedunculus cerebelli Pc* herum zum *Corpus trapezoides*; *VIIId* absteigender Vestibularisast.

und höchstwahrscheinlich in denselben entspringende Fasern mit Längsbündeln der Seitenstrangreste zusammenhängen oder mit andern Worten in dieselben übergehen und wäre somit die Berechtigung vorhanden, Olivenfasern direkt in Rückenmarksbahnen übergehen zu lassen, natürlich immer unter Voraussetzung der Richtigkeit des früher aufgestellten Satzes, dass die Cerebello-Olivarfasern nicht von den Olivenzellen, sondern von den *Purkinje'* schen Zellen abstammen und als Binnenfasern in der Olive enden.

In Betreff des oben erwähnten eigenthümlichen Faserzuges in der Fig. 416, der auch beim Erwachsenen sich findet (siehe die Fig. 472, bei und ventralwärts vom Buchstaben *rgr*), bemerke ich hier noch, dass derselbe bis zum gänzlichen Schwinden der Olive in der nämlichen Lage sich erhält und an einen schon oben erwähnten, von *Bruce* unter dem Namen *„acustico-olivary tract"* beschriebenen Strang erinnert, der jedoch in den Kern von *Deiters* übergehen soll, was ich nicht zu bestätigen vermochte. Verfolgt man den von mir beschriebenen Strang weiter, so ergiebt sich, dass derselbe und der von *Held* beschriebene und oben auf Seite 271 erwähnte und in den Fig. 487 u. 488 dargestellte Faserzug vom *Deiters*'schen Kerne zum Seitenstrange derselbe ist. Der Faserzug, von dem ich hier ausging, liegt cerebralwärts von der grossen Olive, anfänglich an der medialen Seite der aufsteigenden Facialiswurzel, parallel derselben; weiter stellt sich derselbe mit seinem dorsalen Theile immer mehr lateralwärts und läuft zuletzt, die Facialiswurzel kreuzend, bis zur medialen Seite der kleinen Olive herab, wie der Faserzug von *Held*. Noch ist zu bemerken, dass dieser Faserzug, je mehr er der kleinen Olive sich nähert um so grösser wird.

Nach dem, was ich zu ermitteln vermochte, stehen die erwähnten Faserzüge, die kaum alle dieselbe Bedeutung haben, zu der grossen Olive in keiner Beziehung und habe ich dieselben hier nur deshalb besprochen, um auf sie aufmerksam zu machen.

Die von mir aufgestellte Hypothese von den Beziehungen der Oliven zum Rückenmarke, genauer bezeichnet die Annahme, dass die Olive durch *Purkinje*-sche Fasern, die in der Cerebello-Olivarbahn verlaufen, in centrifugaler Richtung beeinflusst wird und ihrerseits wiederum durch ihre Olivenfasern, die in Seitenstrangfasern des Rückenmarks sich fortsetzen, in derselben Richtung auf die motorischen Kerne des Rückenmarks eine Einwirkung äussert, würde eine sehr erwünschte Deutung aller Erfahrungen ermöglichen, die wir über die Beziehungen des kleinen Gehirns einmal zu den Oliven und zweitens zu den willkürlichen Bewegungen besitzen. Doch ist nicht zu vergessen, dass dieselbe vorläufig nichts weniger als gesichert und bewiesen anzusehen ist. Immerhin gründet sich meine Annahme einmal auf den, wie ich glaube behaupten zu dürfen, sicheren Satz, dass die Cerebello-Olivarfasern eine centrifugale Leitung darstellen, die mit den *Purkinje*'schen Zellen zusammenhängt und zweitens auf meine Beobachtung von dem Uebergange von Olivenfasern in Fasern der Seitenstrangreste der *Medulla oblongata*. Dagegen bin ich allerdings nicht in der Lage zu behaupten, dass die Olivenzellen nicht auch noch andere Verbindungen eingehen und weiss ich ausserdem ganz gut, dass auch sonst noch andere Schwierigkeiten vorliegen, die meiner Hypothese entgegenstehen. In dieser Beziehung mache ich noch auf Folgendes *pro* und *contra* aufmerksam.

1. Bei den menschlichen Embryonen, bei denen ich den oben geschilderten Zusammenhang von Fasern der Seitenstrangreste mit den Oliven auffand, ist es mir nicht gelungen, denselben in der ganzen Höhe der Oliven gut ausgesprochen nachzuweisen und fanden sich namentlich in den distalen Gegenden

dieser Organe keine horizontalen Fasern, die in longitudinale Elemente der Seitenstrangreste übergingen. Doch waren auch in diesen Gegenden an den Längsbündeln der Seitenstrangreste an der dorsalen Seite der Oliven eine Menge kurzer Bündel mit schiefen Fasern vorhanden, die möglicherweise auch aus den Oliven stammten, worüber nur Längsschnitte sichere Auskunft geben könnten, die zu untersuchen ich noch keine Musse hatte.

2. Spricht für die Annahme von Beziehungen der Oliven zu den motorischen Funktionen des Markes der Umstand, dass dieselben in der nämlichen Gegend der *Oblongata* sich entwickeln (s. Fig. 445, in welcher das erste Auftreten des medialen Olivennebenkernes dargestellt ist), in welcher auch die motorischen Kerne des Rückenmarkes ihre Lage haben.

3. Wenn meine Vermuthung von dem centrifugalen Verlaufe der Olivenfasern und dem Eintreten derselben in den Seitenstrang des Markes richtig wäre, so müsste der antero-laterale Strang ausser der Pyramidenbahn noch eine zweite centrifugal wirkende und absteigend degenerirende lange Bahn enthalten. Nach den bisherigen Erfahrungen kommen nun allerdings in diesen Strängen absteigend entartende Elemente vor, allein dieselben sollen, wie allgemein angenommen wird, nur kurzen Bahnen angehören. Einzig *Bechterew* giebt in seiner Abhandlung über die Funktion des Kleinhirns (Neurol. Centralbl. 1890 S. 354) auf Grund anatomischer und experimenteller Untersuchungen an, dass die Vorderseitenstränge des Markes motorische Funktionen besitzen, ohne in dieser Beziehung weiter Thatsächliches mitzutheilen. Die genannte Abhandlung von *Bechterew* kommt in gewisser Beziehung dem nahe, was ich hier von den Oliven nachzuweisen versuchte. Derselbe behauptet nämlich, dass das von ihm sogenannte Spinalbündel des *Crus cerebelli ad pontem* (siehe unten sub E) ein motorisches Leitungssystem sei, welches mit den Zellen des *Nucleus reticularis tegmenti* in Verbindung stehe und durch diese mit Fasern des Vorder- und Seitenstranggrundbündels und mit dem Rückenmarke. Ausserdem wird von *Bechterew* noch der Satz aufgestellt, dass auch das den Dachkern mit den kleinen Oliven verbindende Bündel motorischen Leistungen diene.

4. Irgend welche andere Verbindungen der Oliven als die mit dem kleinen Gehirne und die von mir oben beschriebenen mit den Seitenstrangresten sind bis jetzt nicht mit Sicherheit nachgewiesen. Beziehungen von Schleifenfasern zu den Oliven sind unmöglich, da in denselben nur zwei Fasersysteme vorkommen, die von den *Purkinje*'schen Zellen abstammenden Binnenfasern und die von den Olivenzellen herkommenden Olivenfasern. Ebenso wenig ist es bis jetzt gelungen, Beziehungen der Olivenfasern zu den in der *Medulla oblongata* entspringenden Strangfasern nachzuweisen, welche übrigens, wenn dieselben vorhanden wären, nur centrifugale motorische Leitungen II. Ordnung darstellen könnten. So bleibt nur die centrale Haubenbahn von *Bechterew* übrig, an die man denken könnte. Liesse sich nachweisen, dass Olivenfasern direct in die Elemente der centralen Haubenbahn sich fortsetzen, so wäre hiermit eine Bahn gegeben, die vom Cerebellum aus angeregt in zweiter Linie auf gewisse Centren im Gehirn cellulifugal aber centripetal einwirkte und könnte möglicherweisse eine solche Oliven-Grosshirnbahn neben der von mir angenommenen Oliven-Rückenmarksbahn bestehen. Doch kann nicht verschwiegen

werden, dass es weder *Bechterew*, noch sonst Jemand bisher gelungen ist, das Vorkommen einer solchen Bahn anatomisch nachzuweisen oder auch nur wahrscheinlich zu machen.

Unter dem Namen Centrale Haubenbahn beschreibt *Bechterew* einen früher unbekannten Längsstrang, der eine Verbindung der grossen Oliven mit dem Grosshirne darstellen soll (Neurol. Centralbl. 1885 Nr. 9 S. 194). *Bechterew* fand diesen Strang erst bei 1 Monat alten Kindern markweiss und tritt derselbe an der dorsalen, lateralen Seite der Oliven auf. Von der Mitte dieses Organes an sammeln sich dessen Fasern mehr an der dorsalen Seite desselben zu einem dichten Strange, der bald an Stärke zunimmt und dann in die Brücke eintritt. Hier liegt diese Bahn zwischen der kleinen Olive, der medialen Schleife und den Trapezfasern. Im cerebralen Theile der Brücke ist ihre Stelle mehr dorsalwärts mitten in der *Formatio reticularis*, bis sie schliesslich in der Höhe des cerebralen Vierhügels ihre Lage unmittelbar lateralwärts vom dorsalen Längsbündel hat (siehe *Stilling* Pons varoli Taf. IIc; *Obersteiner* Fig. 121—123 C H, *Edinger* Fig. 133, 131, 128, 127 Centr. H B, 126 (zwischen dorsaler Nebenolive und Olive).

Im rothen Kerne liegt die centrale Haubenbahn an seiner Dorsalseite und hilft dessen dorsale Markkapsel bilden. Weiter geht die centrale Haubenbahn gegen das Grosshirn fort, indem sie zwischen dem Boden des III. Ventrikels und dem rothen Kerne central umbiegt, doch war das Ende der Bahn nicht zu bestimmen.

Die Gründe, die *Bechterew* bewogen, diese Bahn von den Oliven abzuleiten, sind, wie mir scheint, wenig beweisend. Dieselben sind einmal das ungefähr gleichzeitige Weisswerden derselben und der Cerebello-Olivarbahn, ferner der ungefähr gleiche Querschnitt der beiden genannten Bahnen, endlich die Unmöglichkeit, die centrale Hauben-Bahn von dem Marke herzuleiten. Man sieht, dass *Bechterew* von dem Gedanken geleitet wird, dass seine Bahn das Cerebellum und grosse Gehirn vermittelst der Oliven verbinde. Wenn dem so wäre, so müsste doch wohl in irgend einer Weise ein Eindringen der Bahn von *Bechterew* in die Oliven sich nachweisen lassen, was bis jetzt nicht gelungen ist. Das blosse Nebeneinanderliegen berechtigt doch nicht zur Annahme einer Verbindung. Bei weiteren Untersuchungen über die centrale Haubenbahn wird in erster Linie zu untersuchen sein, ob die Fasern derselben zu den Zellen der Oliven in Beziehung stehen, d. h. von denselben entspringen. Doch wird auch die Möglichkeit nicht ausser Acht zu lassen sein, dass dieselben von den Einzelzellen der *Medulla oblongata* ihren Ursprung nehmen oder Fortsetzungen der Seitenstrangreste sein könnten.

B. Bedeutung der Einzelzellen der *Substantia reticularis grisea et alba.*

Eine genaue Verfolgung dieser Zellen durch die ganze Oblongata und Brücke ergiebt, dass dieselben nirgends dichte Massen von bestimmter, gleichbleibender Form bilden und halte ich es daher nicht für gerechtfertigt, von besonderen Kernen zu reden, wenn ich auch zugebe, dass dieselben in gewissen Gegenden gehäufter und zahlreicher vorkommen, als in anderen.

Zu diesen Kernen zählt 1. der *Nucleus centralis inferior* von *Roller* (*Obersteiner* Fig. 120, 121 *Ncti*) in der Gegend, wo der *Fasciculus longitudinalis dorsalis* und die Olivenzwischenschicht aneinanderstossen; 2. der *Nucleus centralis superior* (*Obersteiner* Fig. 122 *Ncs*) zwischen dem *Fasc. longitudinalis dorsalis* und der Kreuzung der Bindearme; 3. der *Nucleus reticularis tegmenti* von *Bechterew* (*Obersteiner* Fig. 123 *Nrtg*) in der Brücke neben der *Raphe* ebenfalls zwischen dem *Fasc. longit. dorsalis* und dem *Lemniscus medialis*, eine Ansammlung von Zellen, die noch am ehesten auf einen besonderen Namen Anspruch hat.

Zur Beschreibung dieser zerstreuten Zellen übergehend ist in erster Linie hervorzuheben, dass unter denselben neben grossen Elementen von 50—80—90 μ

Grösse auch viele kleinere bis zu 20 u. 30 μ herab sich finden. Die grossen Zellen sind alle ausgezeichnet sternförmig und multipolar und den Elementen der Ventralhörner des Markes täuschend ähnlich (Fig. 517). Ihre Dendriten sind bemerkenswerth durch ihre bedeutende Länge und die im Ganzen spärliche Verästelung. Ich mass beim Menschen solche von 0,3—0,4 mm, bei der Katze von 0,6 mm. Die Lage anlangend, so ist keine Gegend der *Substantia reticularis* frei von ihnen, obschon allerdings ihr Hauptsitz die sogenannte *Substantia reticularis grisea* ist, die eigentlich nur im Bereiche der Oliven angenommen werden kann. Hier finden sich die grossen Zellen vor allem zwischen dem dorsalen Olivenblatte und dem angrenzenden Olivennebenkerne einerseits, dem *Nucleus ambiguus* und den Hypoglossuswurzeln andererseits, am zahlreichsten in der Nähe der Oliven. Cerebralwärts von den Oliven, in der Gegend der kleinen Oliven und in der ganzen Haube der Brücke fällt, abgesehen vom *Fasciculus longitudinalis dorsalis,* dem *Trapezium* und *Lemniscus medialis,* jeder Unterschied zwischen zwei Theilen der *Substantia reticularis* weg und finden sich die kolossalen Zellen besonders gern neben der *Raphe* und in dieser selbst, oft so, dass sie ihre Dendriten nach beiden Seiten abgeben. Was die kleineren Zellen der *Subst. reticularis* anbelangt, so verhalten sich dieselben, was Lage und Dendriten anbelangt, den andern gleich, nur finden sich unter ihnen neben multipolaren, auch zahlreiche spindelförmige Elemente.

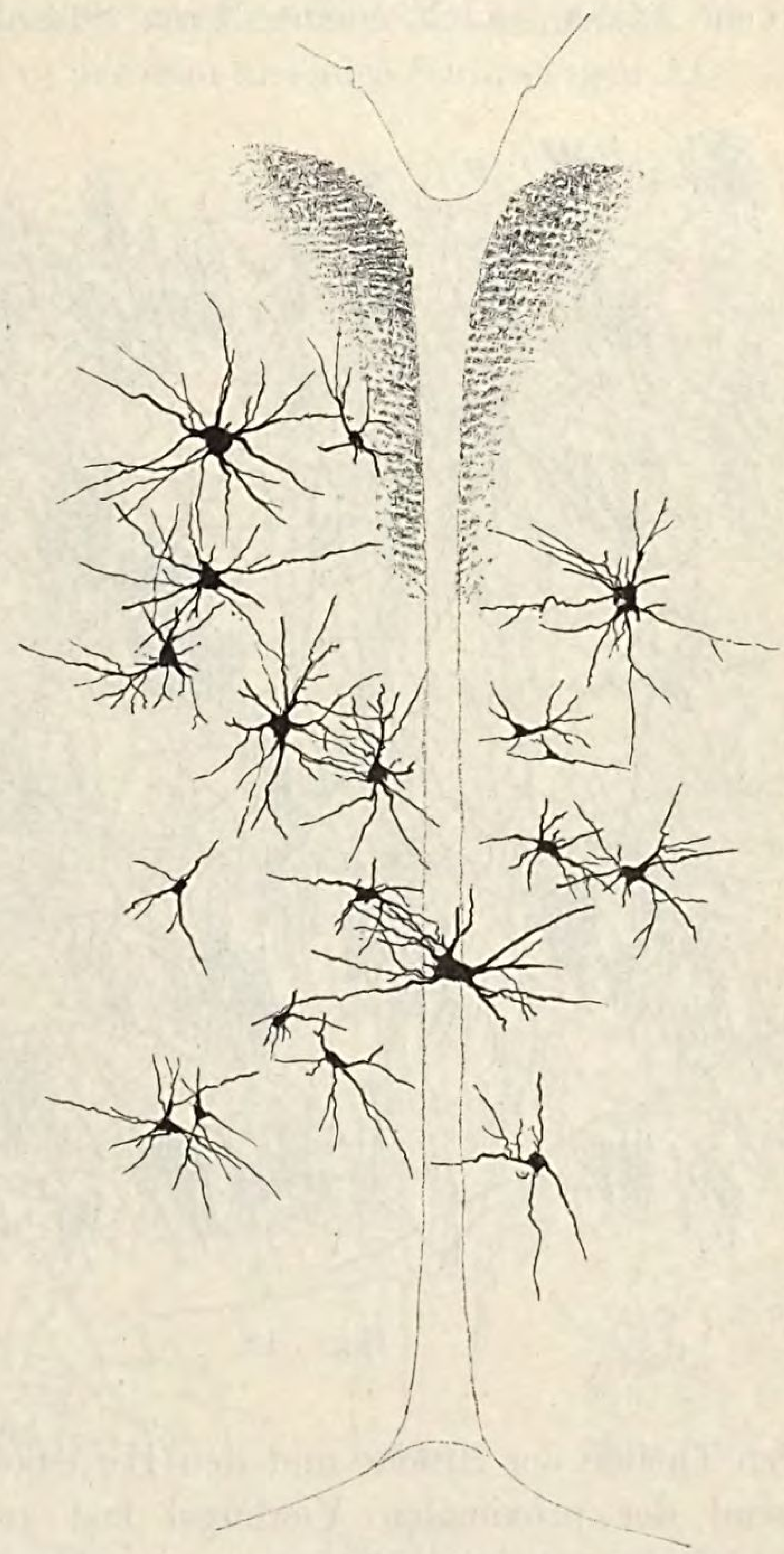


Fig. 517.

Die Achsencylinder aller dieser Zellen, der grossen, wie der kleinen, verlaufen fast ohne Ausnahme in erster Linie horizontal in allen Richtungen der Querebene, kreuzen auch sehr oft die *Raphe* und zeigen in diesem Verlaufe einmal viele gabelige Theilungen und dann auch zahlreiche feinere und gröbere

Fig. 517. Querschnitt durch die Mitte der *Medulla oblongata* einer neugeborenen Katze, *Golgi.* Nur die Zellen der *Substantia reticularis* dargestellt; mittlere Vergrösserung.

Collateralen (Fig. 518, 519). Nach einem kürzeren oder längeren, oft sehr langen Verlaufe biegen sich dieselben dann um, werden zu Längsfasern der *Substantia reticularis* und geben als solche unzweifelhaft wiederum zahlreiche Collateralen ab, da Längsschnitte ergeben, dass alle diese Fasern mit solchen versehen sind. Was die gabligen Theilungen betrifft, von denen die Fig. 518 und 519 eine gute Vorstellung geben, so finden sich neben solchen mit ungleich starken Aesten, auch solche deren Schenkel dieselbe Dicke besitzen und bei diesen kann es wohl in Frage kommen, ob dieselben nicht in zwei markhaltige Nervenfasern übergehen, wie dies auch beim Rückenmarke vorkommt.

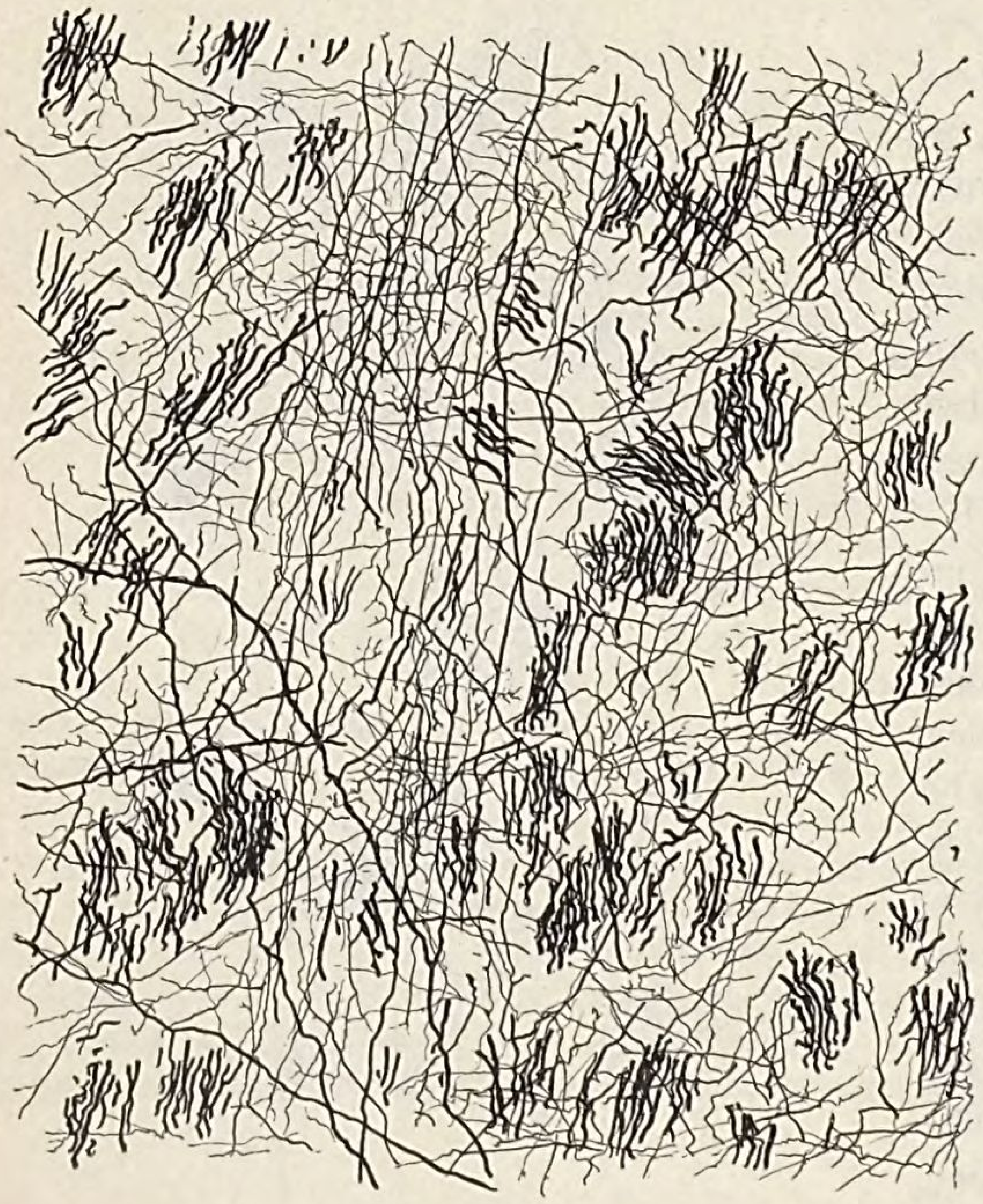


Fig. 518.

Was nun das letzte Ende der Fasern betrifft, die von diesen zerstreuten Zellen der *Substantia reticularis* entspringen, die als Strangfasern der *Medulla oblongata* zu bezeichnen und ihrer Bedeutung nach ganz mit denen des Rückenmarks zusammenzustellen sind, so ist bei Beantwortung dieser Frage vor allem zu betonen, dass die Längsbündel der *Substantia reticularis* immer mehr abnehmen, je mehr man den cerebralen Theilen der Brücke und den Hirnstielen sich nähert, bis sie endlich in der Gegend der proximalen Vierhügel fast ganz verschwinden. Auf der andern Seite nehmen gewisse Fasermassen der Haube in derselben Richtung an Umfang zu, wie die mediale Schleife, oder bilden sich erst hier, wie die laterale Schleife. Was liegt somit näher, als anzunehmen, dass die fraglichen Bündel an diese grösseren Längszüge sich anschliessen?

Eine bestimmtere Beantwortung dieser Frage verdanken wir *Bechterew*. Nachdem er, wie oben dargelegt wurde, die Endigungen der aus dem Rücken-

Fig. 518. Ein Theil der *Substantia reticularis* der Haube der *Medulla oblongata* einer neugeborenen Katze in der Höhe der kleinen Oliven. Starke Vergr., *Golgi*. Man sieht 1. Bündel von Längsfasern, quer und schief getroffen, 2. Lang dahin ziehende Achsencylinder-Fortsätze der grossen Zellen mit Theilungen und Abgabe von Collateralen und 3. viele feinste Verästelungen von Collateralen.

marke in die *Oblongata* übertretenden Fasern bis zu gewissen Zellenansammlungen verfolgt hatte, suchte er auch zu ermitteln, mit welchen höheren Gebilden diese Kerne zusammenhängen. Hierbei ergab sich, dass der *Nucleus reticularis tegmenti* ein wichtiger Knotenpunkt ist. Hier finden sich einmal Fasern, die zu einer gewissen Abtheilung der Brücke treten (s. unten) und ausserdem noch drei andere Verbindungen und zwar a) mit dem distalen Vierhügel durch Fasern, die den medialen Abschnitt der lateralen Schleife bilden b) mit dem Haupttheile der medialen Schleife und c) mit dem medialen feinfaserigen Abschnitte der oberen oder medialen Schleife.

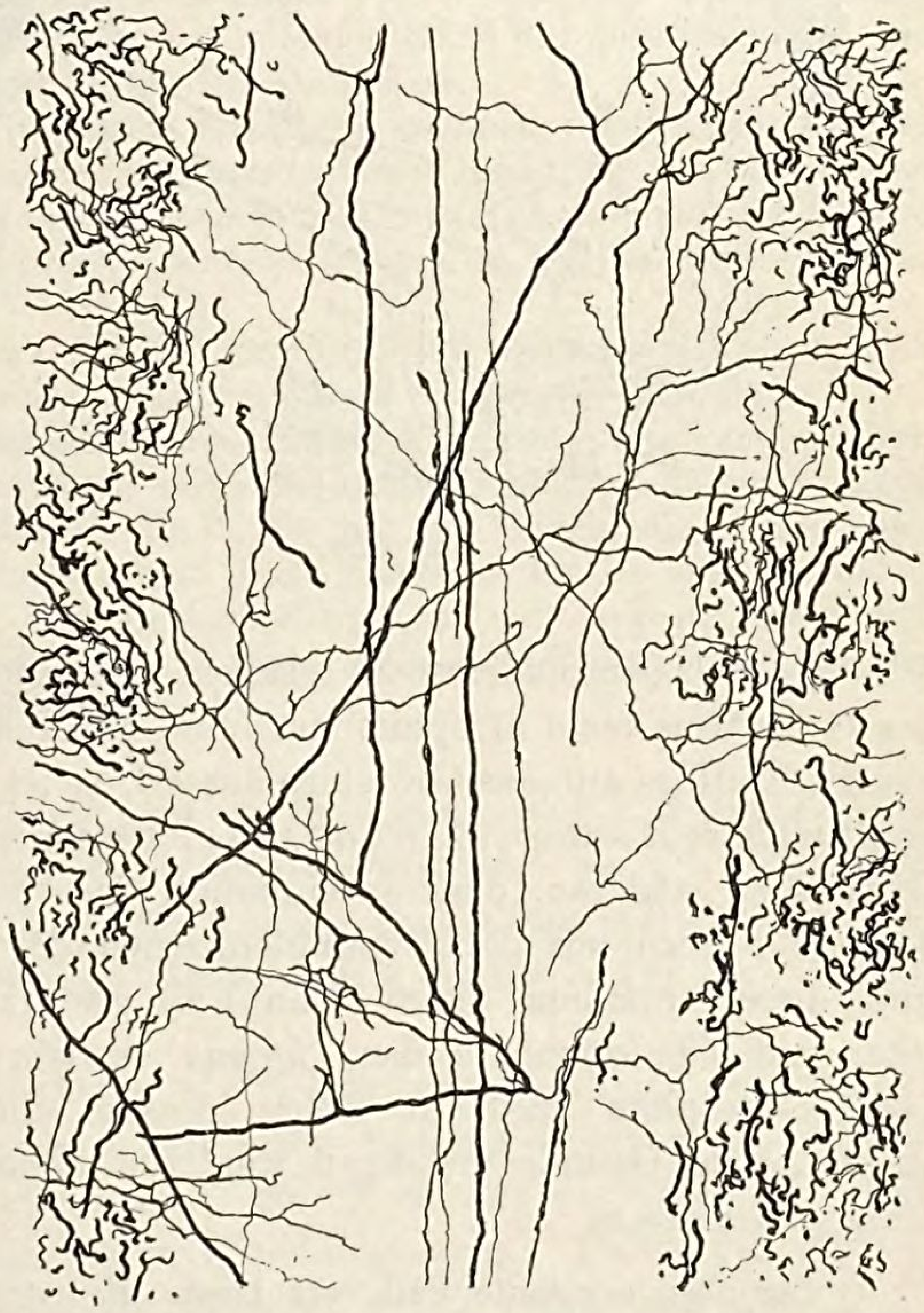


Fig. 519.

Somit wäre doch wenigstens die Frage nach den Endigungen der Strangfasern, die in der *Oblongata* selbst entspringen, zum Theil gelöst und ergiebt sich als Gesammtresultat, dass die Reste der Rückenmarksstränge, die in die *Oblongata* übergehen, zu den Zellen derselben (meinem *Nucleus magnocellularis diffusus*) ähnliche Beziehungen eingehen, wie dieselben zwischen den Dorsalsträngen und den Kernen der *Fasciculi graciles* und *cuneati* bestehen. Immerhin liegt hier der bedeutende Unterschied vor, dass im letztern Falle eine centripetale sensible Leitung II. Ordnung besteht, im ersteren eine III. Ordnung, die aus folgenden Gliedern sich zusammensetzen würde: Sensible Wurzelfasern oder Collateralen von solchen (Leitung I. Ordnung); Strangzellen des Markes — Strangfasern (Leitung II. Ordnung); Zellen der *Medulla oblongata* — Strangfasern der *Oblongata* (Leitung III. Ordnung); Gehirnzellen. Weitere Komplikationen bei diesen Leitungen ergeben sich wohl daraus, dass auch in der *Oblongata* die Strangzellen sicherlich beeinflusst werden durch Collateralen oder Endigungen der sekundären cerebralen Bahnen der sensiblen Kopfnerven und ihrerseits auch auf motorische Kerne einzuwirken im Stande sind.

Fig. 519. Gegend der *Raphe* von derselben Serie und Gegend, wie Fig. 518, mit denselben Elementen; viele nervösen Zellenfortsätze kreuzen die *Raphe*.

C. *Corpus restiforme* oder *Pedunculus cerebelli.*

Die allgemeinen Verhältnisse dieses Faserzuges sind oben schon geschildert worden und frägt es sich nun, ob es möglich ist, weiter in die Einzelheiten des Ursprunges und des Verlaufes dieser Theile einzudringen. In dieser Beziehung sind in neuester Zeit Arbeiten von *Mingazzini* erschienen, welche die ganz neue und sehr wichtige Frage stellen, in wie weit die Pyramiden-Kerne (*Nuclei arciformes*) bei den Beziehungen zwischen dem kleinen Gehirne und der *Medulla oblongata* und *spinalis* betheiligt seien. Man weiss schon lange, dass Entfernung Einer Hälfte des kleinen Gehirns auffallende Störungen der Bewegungen veranlasst, ohne dass wirkliche Lähmungen eintreten, und versuchte bisher diese Erscheinungen durch Beziehungen des kleinen Gehirns zum grossen Gehirne, d.h. den motorischen Centren desselben, durch den Bindearm zu erklären. Da jedoch der Bindearm nach Exstirpation des Grosshirns nicht atrophirt und eine halbseitige Entfernung des kleinen Hirns keinen Einfluss auf das Grosshirn äussert, so ist klar, dass diese Erklärung unmöglich richtig sein kann. *Mingazzini* hat nun versucht, die genannten Beziehungen dadurch zu erklären, dass er annimmt, dass der *Pedunculus cerebelli* durch besondere Fasern mit den Pyramidenkernen der gekreuzten Seite zusammenhänge und diese Annahme durch einen Fall gestützt, in welchem bei einem Paralytiker mit *Syringomelie* das *Corpus restiforme* der rechten Seite in hohem Grade atrophirt und in Folge dessen ein bedeutender Theil der *Fibrae arcuatae* zu Grunde gegangen war, vor allem auch in den Pyramiden endende Fasern derselben.

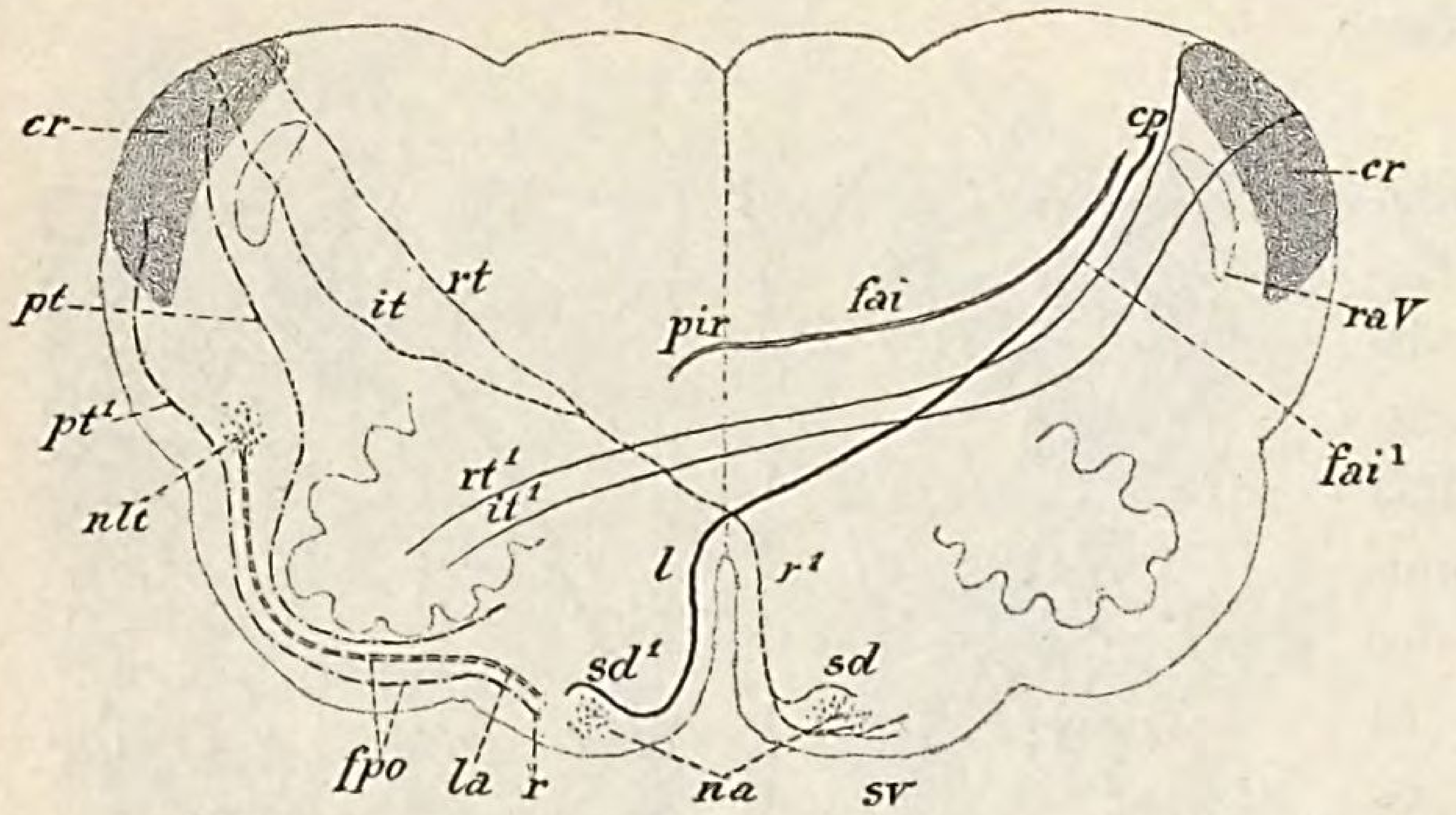


Fig. 520.

Der oben erwähnte Fall veranlasste *Mingazzini* zu einem genaueren Studium der *Fibrae arcuatae* und gebe ich hier an der Hand des von ihm aufgestellten, etwas veränderten Schemas (Fig. 520) eine kurze Schilderung des von ihm Gefundenen.

Die *Fibrae arcuatae* zerfallen in folgende Unterabtheilungen:

I. Aus den Dorsalsträngen kommende Fasern. Dieselben zerfallen a) in *Fibrae interreticulares dorsales fai* (dorsale Schleifenfasern, *ich*), welche in die entgegengesetzte Schleife übergehen, b) *Fibrae interreticulares ventrales fai'*, die

Fig. 520. Schema von *Mingazzini*. *fai Fibrae interreticulares dorsales*; *fai' Fibrae interreticulares ventrales*; *l Systema lemniscale* der *Fibrae arcuatae peripyramidales dorsales sd'*; *rt'* und *it'* Cerebello-Olivarfasern; *rt* und *it* Gekreuzte Cerebello-Pyramidenfasern; *r' Fibrae peripyramidales mediales*; *sd Fibrae peripyramidales dorsales*; *sv Fibrae peripyramidales ventrales*; *pt Fibrae cerebello-olivares zonales*; *pt' Fibrae cerebello-pyramidales* übergehend in *fpo Fibrae periolivares*; *r* Endigung derselben in der Pyramide; *nlt Nucleus lateralis* mit *Fibrae periolivares fpo* und *la* Endigungen derselben in der Pyramide; *na Nucleus arciformis*; *cr Corpus restiforme*; *cp* Dorsalstränge; *pir* Schleifenfasern; *ra V* Quintuswurzel.

im ventralsten Theile der *Raphe* sich kreuzen (ventrale Kreuzung der *Raphe*) und das „*Systema lemniscale*" des ventro-medialen und eines Theiles des dorsalen Abschnittes der *Fibrae arcuatae peripyramidales* der entgegengesetzten Seite bilden (*l*, *sd'*).

II. Zum *Pedunculus cerebelli* oder *Corpus restiforme* gehörende Fasern:

a) Cerebello-Olivarfasern (*rt'* und *it'*), welche an der dorsalen Seite und durch die sensible Quintuswurzel *ra V* verlaufen (*Fibrae retro et intertrigeminales Ming.*), den dorsalen Theil des *Lemniscus* durchziehen und durch den *Hilus* in die contralaterale Olive eingehen.

b) Gekreuzte Cerebello-Pyramidenfasern (*rt* und *it*) welche ebenso, wie die von a) zum *Trigeminus* verlaufend, in der ventralen Kreuzung der *Raphe* auf die andere Seite treten und als *Fibrae arcuatae peripyramidales mediales r'* verlaufend als *Fibrae peripyramidales dorsales sd* und *ventrales sv* enden.

c) *Fibrae cerebello-olivares zonales* (*pt*) kommen vom *Pedunculus cerebelli*, ziehen als „*praetrigeminales centrales*" an der lateralen Seite des *Quintus* vorbei und bilden das *Stratum zonale* der Olive derselben Seite.

d) Cerebello-Pyramidenfasern derselben Seite (*pt'*) kommen vom *Pedunculus cerebelli*, ziehen als *Fibrae praetrigeminales marginales* lateral um die Olive herum (*f p o*) (*Fibrae* (*peri*) *circumolivares Mingazzini*) und gehen in den ventro-lateralen Abschnitt der *Fibrae peripyramidales* (*r*), und in die Pyramide derselben Seite ein.

e) *Fibrae arcuatae pyramidalzs e Nucleo laterali* (*nlt*, *la*) verlaufen wie die vorigen, enden auch auf derselben Seite. Nicht erwähnt werden von *Mingazzini*

III. Aus dem Seitenstrange kommende Cerebellarfasern (Kleinhirnseitenstrangbahn) und

IV. Aus dem Dorsalstrange kommende solche Elemente (Dorsalstrangkleinhirnbahn).

Dagegen zeichnet er Fasern aus den Kernen des 8., 10. und 12. Nerven, die in der *Raphe* sich kreuzen und die er *Fibrae afferentes* nennt. Diese Elemente des 10. und 12. Nerven sind sekundäre centripetale Bahnen, wie die Schleifenfasern, was dagegen die *Fibrae afferentes* des *Hypoglossus* bedeuten sollen, wenn nicht zuleitende Pyramidenbahnen oder sensible Bahnen von Kopfnerven, ist mir nicht klar.

Aus der gegebenen Darstellung geht somit hervor, dass *Mingazzini* Beziehungen der Dorsalstränge und des *Corpus restiforme* zu den gekreuzten Pyramiden annimmt und eben solche des *Corpus restiforme* und des *Nucleus lateralis* zu den Pyramiden derselben Seite, ferner Beziehungen des *Corpus restiforme* zur gekreuzten Olive.

Fragen wir nun, diese Annahmen als richtig vorausgesetzt, erstens ob aus den Beobachtungen von *Mingazzini* etwas Bestimmtes über den Faserverlauf in den Oliven sich herausstellt, so ist es nur das, dass die Olive mit dem gekreuzten *Corpus restiforme* in Beziehung steht. Ueber die wichtige Frage dagegen, ob die *Fibrae Cerebello-olivares* in der Olive von den Zellen dieses Organes entspringen oder in derselben enden, erfahren wir nichts, ebensowenig über den anderen sehr bedeutungsvollen Punkt, woher die Binnenfasern der Olive abstammen.

Sehr wichtig ist dagegen, wie schon oben betont wurde, die von *Mingazzini* bestimmt nachgewiesene Verbindung gewisser *Fibrae arcuatae* mit den Pyramiden, d. h. den Pyramidenkernen oder den *Nuclei arciformes Henle, sive arcuati*. Dass in diesen Kernen *Fibrae arcuatae* entstehen, wurde allerdings bereits vor langer Zeit von mir (Gewebelehre 5. Aufl. 1867 S. 287) und von *Henle* (Neurologie 1868 S. 193) angegeben und betonte ich noch besonders, dass aus diesen Kernen theils *Fibrae transversales externae anteriores*, theils parallel der *Raphe* verlaufende Züge entstehen; allein vollgültige Beweise, soweit eine pathologische Erfahrung solche zu geben vermag, verdanken wir

doch erst *Mingazzini*. Im Einzelnen ist nun freilich noch manches dunkel, wie das folgende ergeben wird.

In erster Linie füge ich dem Thatsächlichen nachfolgendes bei. Bei älteren menschlichen Embryonen, bei denen die Pyramiden noch marklos sind (7. 8. Monat) dringen von der Gegend des ventralen Olivenblattes oder vom *Stratum zonale*, dann auch von der Gegend der *Raphe* stärkere oder schwächere markhaltige Bündel in die Pyramiden, welche in denselben zum Theil horizontal als *Fibrae peripyramidales ventrales et mediales*, theils schief, theils auch longitudinal verlaufen und oft in einer solchen Menge vorkommen, dass man sich erstaunt frägt, was dieselben bedeuten (s. Fig. 515). Jetzt bin ich nicht im Zweifel, dass diese meines Wissens bis jetzt nur von *A. Bruce* gesehenen und Pl. V. VI. gut abgebildeten Fasern zu den Elementen zählen, die im Sinne von *Mingazzini* in den *Nuclei arciformes* entspringen oder enden. Aehnliche Faserbildungen hat *Mingazzini* (*Nucleus arciformis* in Atti della R. Accad. die Roma 1889) von Embryonen und Kindern dargestellt (Fig. 6—9). Derselbe unterscheidet an den *Fibrae arcuatae peripyramidales* eine dorsale und eine ventrale Schicht, zwischen welchen der *Nucleus arciformes* seine Lage hat. Die letztere findet sich in der ganzen Höhe des Kernes, während die erstere nur in den distalen Theilen desselben bis zur Eröffnung des Centralkanals angetroffen wird. Ein fernerer Unterschied dieser beiden Lagen ist der, dass die dorsale Lage früher ihr Mark erhält (Fig. 4) und zahlreiche Verästelungen in das Innere der Pyramiden entsendet (Fig. 6—9), auch mit der Kleinhirnseitenstrangbahn zusammenzuhängen scheint (Fig. 4 und 5). *Mingazzini* vermuthet ferner, dass die Fasern des ventralen Bündels von den Zellen des *Nucleus arcuatus* entspringen und stützt dieselbe durch die Thatsache, dass bei den Säugern (Kaninchen, Katze, Hund, Maus, Maulwurf), die nach *Stieda* keinen *Nucleus arciformis* haben, auch die *Fibrae arcuatae ventrales superficiales* fehlen. In Betreff der Fasern des dorsalen Bündels, die in die Pyramiden ausstrahlen, ist ebenfalls ein Ursprung im *Nucleus arcuatus* möglich.

Diesen Darstellungen und Hypothesen von *Mingazzini* füge ich nun noch folgendes bei. Einmal enthält der *Nucleus arcuatus*, wie verschiedene Autoren erwähnen und leicht zu sehen ist, um seine Zellen herum einen so dichten Filz von feinen und feinsten Fäserchen, dass er an *Weigert*'schen Präparaten nahezu eben so dunkel erscheint, wie der Hypoglossuskern, ein Verhalten aus dem mit Sicherheit geschlossen werden kann, dass derselbe nicht nur Faserursprünge von seinen Zellen, sondern auch Endverästelungen einer zuleitenden Bahn enthält. Zweitens zeigen die Nervenfasern in diesem Kerne ein so typisches Verhalten, dass schon hieraus geschlossen werden kann, wie der Faserverlauf in demselben sich gestaltet. An der lateralen Seite desselben dringen von den peripyramidalen *Fibrae arcuatae* eine Menge kleiner Bündel in den Kern ein, ebenso aus den angrenzenden Pyramidentheilen, die jedoch nicht von diesen abstammen, sondern von den Zonalfasern der Oliven. Im *Nucleus* nun löst sich der grösste Theil dieser Fasern in feine Verästelungen auf, während an der medialen Seite desselben aus dem Fasernetze neue Stämmchen auftauchen, die den Fasern sich beigesellen, die an der Seite der ventralen Spalte in die *Raphe* eintreten oder dort sich kreuzen (Fig. 521). In sehr vielen Fällen ist beim Erwachsenen der Unterschied der oberflächlichen *Fibrae arcuatae*

in der ventralen Spalte und an der lateralen Seite des *Nucleus arcuatus* so gross, wie 4—5 : 1 und noch mehr, so dass ohne weiteres ersichtlich ist, dass hier medianwärts ein sehr grosser Faserzuwachs stattfindet (Fig. 521 *l* und *m*).

Diesem zufolge kann ich nun meine Ansicht über den Faserverlauf in den *Nuclei arcuati* in folgende Sätze zusammenfassen:

1. Es ist kein Grund für die Annahme vorhanden, dass in diesen Kernen Pyramidenfasern entspringen.

2. In diesen Kernen enden *Fibrae circumolivares* und *Fibrae restiformales* derselben Seite (siehe das Schema von *Mingazzini fpo* und *pt'*).

3. In denselben entspringen sich kreuzende Fasern zum kleinen Hirn (*Mingazzini rt. it* und *r' sd*).

4. Möglicherweise enden in denselben auch Schleifenfasern gekreuzt aus den Dorsalstrangkernen (*Mingazzini fai, l, sd'*). An der medialen Seite

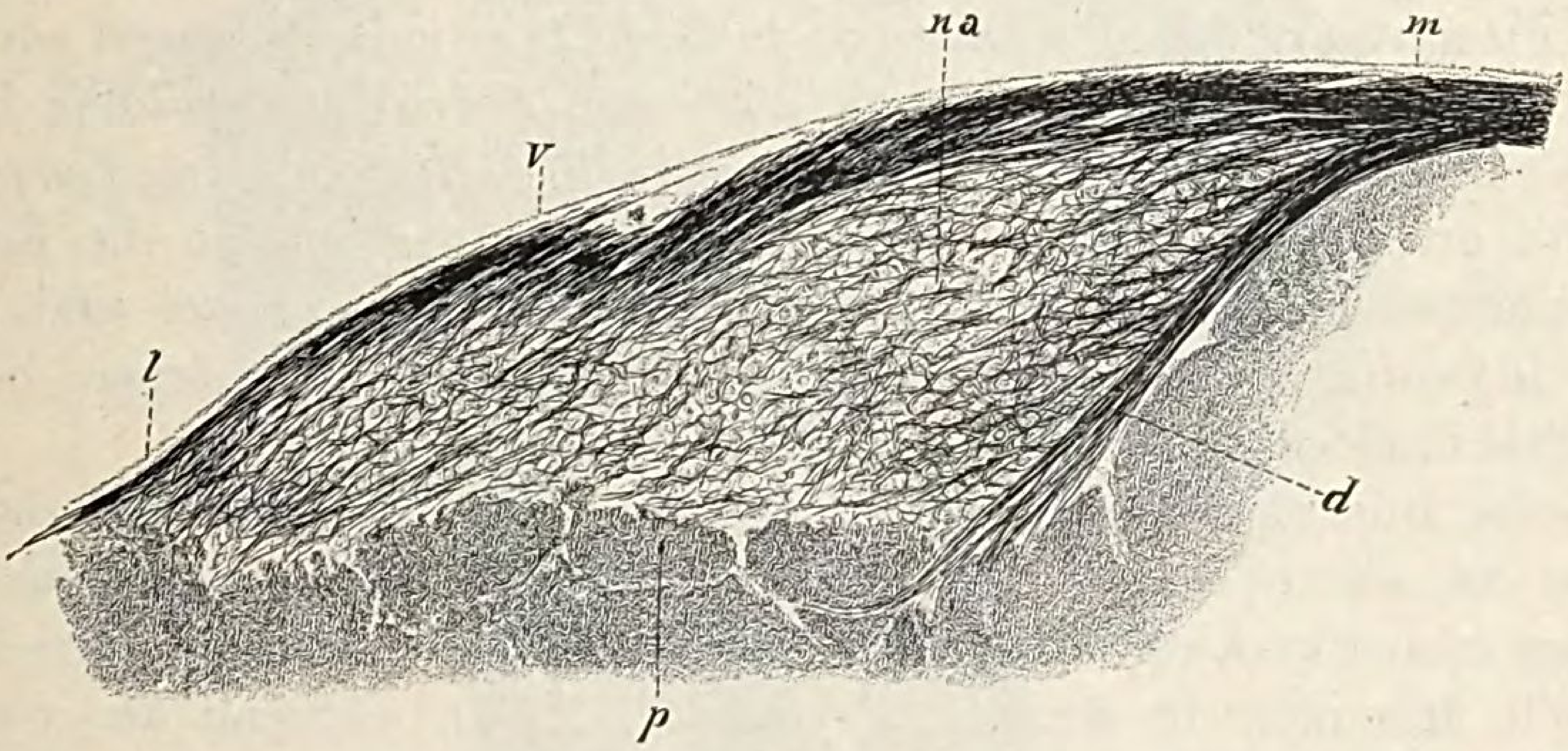


Fig. 521.

der *Nuclei arcuati* finden sich zwar vorwiegend entspringende Fasern, doch könnte unter denselben auch ein geringer Antheil von Endverästelungen sein.

Wären diese Aufstellungen richtig, so würden die *Nuclei arcuati* die eine Kleinhirnhälfte mit der andern in Verbindung bringen, eine Funktion, die ja auch den *Nuclei pontis* zugeschrieben werden muss, die, wie ich gegen *Mingazzini* bemerke, unmittelbar an dieselben sich anschliessen (s. S. 208).

Den im Vorigen geschilderten Beziehungen des *Corpus restiforme* oder *Pedunculus cerebelli* füge ich nun noch das an, was die Beobachtungen von *Bechterew* ergeben haben (Neurol. Centralbl. 1885 und Archiv für Anat. 1893, pag. 227). Derselbe hat durch Untersuchung des Auftretens des Nervenmarks bei Embryonen bewiesen, dass der Kleinhirnstiel aus sechs verschiedenen Systemen sich zusammensetzt und zwar:

1. Aus der Kleinhirnseitenstrangbahn. Diese Fasern treten bei Embryonen von ca. 25 cm Länge auf und bilden den Kern des Strickkörpers.

Fig. 521. Querschnitt durch den *Nucleus arciformis na* der linken Seite des Menschen aus der Gegend des distalen Endes der Olive; *m* mediale, *l* laterale Seite; *v Fibræ peripyramidales ventrales, d dorsales*; *p Pyramis*. Mässige Vergr., *Weigert*.

2. Aus Fasern vom gleichseitigen *Nucleus funiculi cuneati*. Bei Föten von 26—28 cm legen sich dieselben der dorsalen Seite der erstgenannten an.

3. Aus Elementen, die vom *Nucleus lateralis* derselben Seite abstammen. Bei Föten von 30—33 cm Länge sich entwickelnd nehmen dieselben den ventralen Theil des *Corpus restiforme* ein.

4. Aus Fasern der *Nuclei funiculi gracilis* der entgegengesetzten Seite bei Föten von 38—40 cm. Diese Fasern laufen theils um die Pyramiden herum, theils durch dieselben, theils im *Stratum zonale* der Oliven, sammeln sich am lateralen Rande der Olive und treten von der Ventralseite an das *Corpus restiforme* heran.

5. Aus dem gleichseitigen *Nucleus funiculi gracilis* als *Fibrae superficiales dorsales*, wie die von 2.

6. Am Ende des Fötallebens entsteht noch die Verbindung mit der kontralateralen Olive. — Weder die Pyramiden noch der *Acusticus* und *Trigeminus*, noch die *Formatio reticularis* haben nach *Bechterew* Beziehungen zum kleinen Gehirne. Man vergleiche hier das S. 269 vom *Nervus vestibularis* Bemerkte.

Im Cerebellum vertheilt sich nach *Bechterew* das *Corpus restiforme* mit drei scharfgetrennten Bündeln. Das erste enthält die Fasern aus der Kleinhirnseitenstrangbahn, aus dem *Nucleus Fun. cuneati* und aus dem *Nucleus lateralis*, welche den markhaltigen Theil des Strickkörpers bei 38 cm langen Föten bilden

Dieses Bündel lässt dorsalwärts und cerebralwärts verlaufend das *Corpus dentatum* an seiner lateralen Seite und endigt mit seinem Rückenmarks- und *Funiculus cuneatus*-Antheil im cerebralen Theile des Oberwurms derselben Seite (siehe auch *Monakow* in Arch. f. Psych. Bd. XIV), während der vom Seitenstrange abstammende Theil durch die grosse proximale Kommissur durchziehend auf der andern Seite sein Ende erreicht.

Ein zweites vom *Nucleus funiculi gracilis* abstammendes Bündel umgiebt lateralwärts das *Corpus dentatum* und tritt in das mittlere Gebiet des gleichseitigen Oberwurms.

Ein drittes Bündel, die Kleinhirn-Olivenfasern, verläuft zwischen den vorigen, z. Th. spinalwärts von denselben und tritt in die graue Substanz des *Nucleus dentatus*, vielleicht z. Th. auch unmittelbar zur Rinde.

D. Die Schleifenfasern.

Die mediale Schleife, deren Bildung aus den Kernen der Dorsalstränge des Markes und aus den Endkernen der sensiblen Nerven der *Oblongata* mit Einschluss des *N. vestibuli* in früheren §§ beschrieben wurde und die wir als eine sensible Bahn II. Ordnung deuteten, hat *Bechterew* an Embryonen auf das Markhaltigwerden ihrer einzelnen Theile untersucht und hierbei folgende Hauptergebnisse erhalten (Verh. d. sächs. Ges. d. Wissensch. 1885 S. 244): Der *Lemniscus medialis* enthält überwiegend Fasern, die aus den Kernen des *Funiculus cuneatus* und *gracilis* herkommen. Die aus den ersteren stammenden enden in gewissen Bezirken der *Formatio reticularis* von Pons und Vierhügelgegend, im *Nucleus Lemnisci lateralis* und im Linsenkerne. Die von den *Funiculi graciles* kommenden Theile enden entweder im *Thalamus* oder gehen

(nur theilweise?) ununterbrochen durch die innere Kapsel in den Stabkranz und zur Rinde des Scheitellappens.

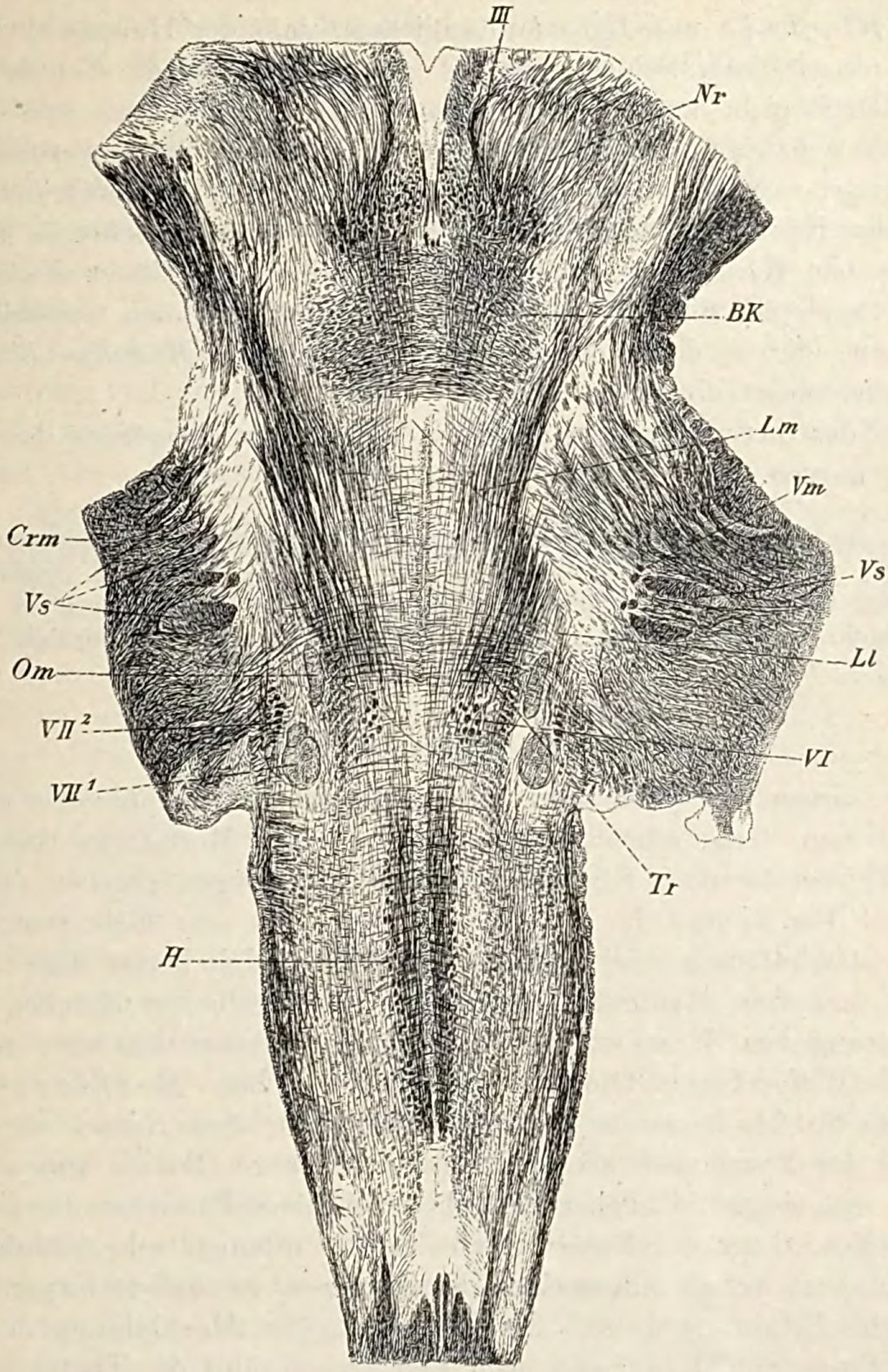


Fig. 522.

Meine Untersuchungen über den *Lemniscus medialis* ergeben soviel, dass derselbe mit wesentlich gleich bleibender Stärke in die Hirnstiele und die Vier-

Fig. 522. Frontalschnitt der *Medulla oblongata* und der Brücke des Menschen 2 : 1 Nr. 146 der Serie; *Weigert*. Mit der Lupe wegen gewissen Nervenwurzeln zu betrachten. *H* Hypoglossuswurzeln; *VI Abducens*; *VII*[1] Facialiskern; *VII*[2] Austretende Facialiswurzel; *Vs* Austretende sensible Wurzeln des *Quintus*; *Vm* Austretende motorische Wurzeln des *Quintus*; *III* Oculomotoriuswurzelfasern; *Tr* Trapezfasern; *Om Oliva minor*; *Lm Lemniscus medialis*; *Ll Lemniscus lateralis*; *Crm* Brückenarm des kleinen Hirns; *Bk* Bindearmkreuzung; *Nr Nucleus ruber*.

hügelgegend eintritt, wie eine Vergleichung meiner Fig. 460 mit den Fig. 457 und 459 und die Fig. 522 ergiebt. Ich kann daher auch die Fig. 131 von *Obersteiner* in dieser Beziehung nicht als zutreffend ansehen und muss mich der Ansicht von *Flechsig* und *Hösel* anschliessen, dass der Hauptantheil ($^5/_6$ nach diesen Autoren) dieser Schleife in das grosse Hirn (in die Centralwindungen) gelangt. Doch giebt auch *Obersteiner* ganz bestimmt an, dass die mediale Schleife im Aufsteigen zur Brücke und in derselben ein nahezu stetiges Anwachsen zeige, welches, abgesehen von dem Anschlusse von cerebralen Leitungen der sensiblen Endkerne, möglicherweise auch von einem Anschlusse an Brückenfasern aus dem Kleinhirne (*Mingazzini*) herrühre. Zu diesen Fasern gesellen sich dann auch im Sinne von *Edinger* centrale Bahnen sensibler Rückenmarksnerven, die in den Vorderseitenstrangresten zur *Medulla oblongata* aufsteigen (siehe oben sub B).

Von der lateralen Schleife ist schon beim *Acusticus* das Wichtigste angegeben worden.

Dass die Schleifenfasern aus den Kernen der Dorsalstränge abstammen, wurde zuerst von mir nachgewiesen (Gewebelehre 5. Aufl. S. 287). Ich liess dieselben damals zwischen den Oliven in die *Raphe* sich begeben. Dass diese Fasern in die Olivenzwischenschicht eintreten, bewies dann viel später *Edinger* (Neurolog. Centralblatt 1885 Nr. 4).

E. Die Brückenkerne.

Von diesen bis jetzt sehr vernachlässigten Elementen hat nur *Livio Vincenzi* von *Golgi*'schen Präparaten in seiner Morfologia cellulare 1885 (Abh. d. Turiner Akad. 2. Ser. Bd. 37) zwei Abbildungen gegeben (Taf. I Fig. 1 und Taf. II Fig. 2) und die betreffenden Zellen als sehr klein (von 15—20 μ) und meist spindelförmig oder dreieckig bezeichnet. Ich kenne diese Zellen von der Katze und dem Kaninchen ebenfalls von versilberten Stücken und kann die Schilderung von *Vincenzi* voll bestätigen. Ausserdem aber ergaben mir diese und *Weigert*'sche Objekte die fernere, schon *Bechterew* (Neurol. Centr. 1885 S. 124) bekannte Thatsache, dass auch diese Kerne, wie die *Nuclei arciformes* der Pyramiden, die mit denselben im Baue ganz übereinstimmen, von einem reichlichen Geflechte von feinen Fäserchen durchzogen sind.

Zur Ermittlung des Faserverlaufes in der offenbar sehr wichtigen Brücke dienten bis jetzt neben allgemeinen Erwägungen vorzüglich Experimente und pathologische Erfahrungen und die Verfolgung der Markbildung der Brückenfasern im Sinne von *Flechsig*. Zu den ersten zählt die Thatsache, dass in den Basaltheilen der Brücke ein grosser Zuwachs von Fasern zu den Pyramiden statthaben muss, weil die Hirnstiele viel mehr longitudinale Fasern ausführen, als die Pyramiden hereinleiten (Fig. 511). Ferner ergiebt eine Vergleichung des Querschnittes des *Crus cerebelli ad pontem*, dass derselbe viel bedeutender ist, als der Querschnitt der Basis des *Crus cerebri*, namentlich nach Abzug der Pyramidenbahnen, so dass ersichtlich wird, dass ein Theil der Kleinhirnfasern in der Brücke bleiben muss, wenigstens nicht in andere Theile übertritt. Endlich ergiebt die Analyse der ungemein zahlreichen Brückenkerne, dass in denselben einerseits eine grosse Menge von Nervenfasern entspringen, andererseits aber auch in denselben enden.

In Betreff des genaueren Verhaltens des Faserverlaufes in der Brücke haben bis jetzt eigentlich nur Untersuchungen von *Bechterew* und von *Mingazzini* Anhaltspunkte ergeben. *Bechterew* (Neurol. Centralbl. 1885 S. 121) hat an wenige Wochen alten Kindern nachgewiesen, dass die Brückenbahn mit Bezug auf die Markbildung in zwei Systeme zerfällt, ein um diese Zeit noch markloses, cerebralwärts gelegenes und ein in dem spinalen Theile der Brücke gelegenes bereits markhaltiges. Das letztere oder das spinale System *Bechterew*'s geht mit einem Theile in der tiefen Querfaserlage der Brücke auf die andere Seite und verliert sich da in den Brückenkernen, ein zweiter liegt oberflächlich und endet auf derselben Seite. Ausserdem verlaufen von diesem spinalen Systeme zahlreiche Fasern zum Theil in dicken Bündeln zur *Raphe* und gelangen zwischen den *Lemnisci* hindurch in das Gebiet der Haube, wo dieselben seitlich in die *Substantia reticularis* und vor allem in den *Nucleus reticularis tegmenti Bechterew*'s ausstrahlen. *Bechterew* nimmt nun an, dass diese Raphefasern zu den Zellen dieses Kernes in Beziehung stehen, welche wiederum longitudinale Fasern der *Substantia reticularis* entsenden. Da nun spinalwärts vom *Nucleus reticularis* die Haube viel mehr Längsfasern enthalte, als cerebralwärts von demselben und diese Längsfasern in die Vorderstranggrundbündel und Seitenstrangreste sich verfolgen lassen, so folgert *Bechterew* weiter, dass möglicherweise im spinalen Systeme der Brückenfasern eine Bahn vorliege, welche Uebertragungen vom Kleinhirne auf motorische Nerven des Rückenmarks vermittle.

Das cerebrale System der Brückenschenkel überschreitet mit dicken Bündeln die Mittelebene, während auf der gleichen Seite keine solchen in die Augen fallen. Wahrscheinlich stehen diese gekreuzten Fasern durch graue Substanz mit den nicht den Pyramiden angehörenden medialen und lateralen Pedunculusfasern in Verbindung.

Die Beziehungen dieser beiden Bahnen des Pons sind nach *Bechterew* folgende. Das spinale System geht aus der Rinde der dorsalen Fläche der Hemisphären und des Wurmes hervor und das cerebrale endigt in der Rinde des unteren Theiles des lateralen Abschnittes der Hemisphären und zwar im distalen, basalen und lateralen Bezirke; nur ein geringer Theil seiner Elemente geht zur dorsalen Fläche vorwiegend der Hemisphären, weniger des Wurmes.

Mingazzini's Beobachtungen beziehen sich auf die oben schon erwähnte Schnittserie von einem neugeborenen Kaninchen, dem *Gudden* den linken Kleinhirnschenkel zur Brücke durchschnitten hatte. Bei demselben fanden sich ausser den gleich zu erwähnenden Veränderungen der Brücke, Atrophie der rechten grossen Olive, des *Nucleus funiculi cuneati sinistri*, des linken *Corpus restiforme*, der linken Kleinhirnseitenstrangbahn, des linken *Flocculus* und des *Lemniscus lateralis* und seines Kernes. An der Brücke waren im distalen Theile rechts alle Querfasern erhalten, von denen ein Theil die Medianebene ein wenig überschritt, während der andere Theil derselben ganz ermangelte. In den proximalen Theilen überschritten die Querfasern die Medianebene je länger umsomehr, bis sie endlich nahe an die Eintrittsstelle des *Crus ad pontem* gelangten. Die graue Substanz verhält sich so, dass sie in den distalen Theilen auf der operirten Seite grösstentheils atrophisch ist, während in den proximalen Theilen die Atrophie derselben auf beiden Seiten gleich ist, woraus geschlossen werden darf, dass im distalen Theile der Brücke die Querfasern wesentlich mit

den grauen Kernen derselben Seite in Verbindung stehen, in den proximalen mit den Kernen beider Seiten, woraus ferner hervorgeht, dass hier eine stärkere Kreuzung der Querfasern sich findet, als weiter spinalwärts. Kommissurenfasern, die *Gudden* annimmt, leugnet *Mingazzini*, weil in keinem Theile der gesunden rechten Hälfte der Brücke eine Atrophie von Querfasern zu beobachten war. Die zur *Raphe* aufsteigenden Fasern fanden sich in dem von *Mingazzini* untersuchten Falle in den distalen Theilen des Pons auch verändert (lc. Fig. 8) und zwar waren atrophirt links die medialen und rechts die lateralen Fasern einer Hälfte der *Raphe*, von denen die letzteren mit den oberflächlichen, die erstern mit den tiefen Querfasern der Brücke in Verbindung stehen. Mit der Schilderung des Verlaufes dieser Fasern von *Bechterew* stimmt *Mingazzini* nicht überein, denn es war in seinem Falle der *Nucleus reticularis tegmenti* und die *Substantia reticularis* auf beiden Seiten gleich beschaffen, dagegen auf der operirten Seite der *Lemniscus lateralis* fast ganz atrophirt bis zu den Schnitten vom proximalsten Theile des spinalen Hügelpaares, so dass *Mingazzini* geneigt ist, einen Uebergang dieser Raphefasern durch den genannten *Lemniscus* bis in die Nähe des cerebralen Hügelpaares anzunehmen.

Mit Hinsicht auf die Beziehungen des *Pes pedunculi* zu den Querfasern der Brücke erlaubt sich *Mingazzini* keine Hypothese und führt nur an, dass ebenso wenig als Fälle von Degeneration des Brückenarms bei Zerstörung des Hirnschenkelfusses bekannt sind, eine Durchschneidung des *Crus ad pontem* eine Alteration am *Pedunculus* bewirke, wie der von ihm beschriebene Fall von *Gudden* sicherer beweise, als frühere, von *Gudden* und *Veyas*. Jedenfalls müsse somit, wie auch *Bechterew* annehme, diese Verbindung eine indirekte sein, wenn sie bestehe.

Suchen wir nun aus den angeführten Thatsachen uns ein Bild über den Faserverlauf in der Brücke zu machen, so möchte ich davon ausgehen, dass in den Brückenschenkeln des Cerebellum nur zwei Fasersysteme enthalten sind und zwar einmal ein centrifugales, bestehend aus den Fasern, die aus den *Purkinje*'schen Zellen entspringen, und zweitens ein centripetales, welches die Elemente enthält, die in den weissen Markblättern des *Arbor medullaris* in der grauen Rinde sich verästeln (s. beim kleinen Gehirne). Ich nehme nun an, dass die *Purkinje*'schen Zellen als die einzigen centrifugalen weitreichenden Elemente oder *Neurodendren* des Cerebellum in der Brücke in doppelte Beziehungen treten, einmal zum grossen Gehirne durch die Hirnstiele und zweitens zur contralateralen Hälfte des Organes. Beiderlei Beziehungen würden durch die Brückenkerne vermittelt, an welchen oder um welche Endverzweigungen der *Purkinje*'schen Nervenfasern anzunehmen wären. Von den so beeinflussten Zellen der Brückenkerne aus würden dann centripetale Leitungen führen einmal auf die andere Kleinhirnseite und zweitens in den *Pes pedunculi* und weiter zum grossen Hirne und zwar die letzteren gekreuzt und ungekreuzt. Bei dieser Hypothese würde somit das *Crus medium* wesentlich dazu dienen Einwirkungen des kleinen Hirns auf das grosse zu übertragen, und müssten Beziehungen der andern Theile des centralen Nervensystems auf das kleine Gehirn einmal dem *Pedunculus cerebelli* und zweitens dem Bindearme zugetheilt werden, ob als einzige Leistungen ist freilich eine andere Frage.

F. Nervöse Ependymfasern oder Fasern des centralen Höhlengrau (Längsfasern von *Schütz*).

Es ist das Verdienst von *H. Schütz* auf die im Ependym oder, wenn man will, unter demselben vorkommenden sehr zahlreichen Nervenfasern das Augenmerk gelenkt und diese bisher so vernachlässigten Elemente einer sorgfältigen näheren Untersuchung unterzogen zu haben. Den Namen „dorsales Längsbündel", den *Schütz* einem Hauptheile dieser Elemente gegeben hat, kann ich nicht annehmen, da ich das „hintere Längsbündel" der Autoren mit demselben bezeichnete, ich würde denselben aber auch sonst nicht für passend erachten können, da die betreffenden Fasern keine stärkeren Längsbündel bilden, sondern meist in allen möglichen Richtungen verlaufen.

Auf die Einzelangaben von *Schütz* vermag ich um so weniger einzugehen, als derselbe offenbar unter den Namen Kerngrau, netzförmiges

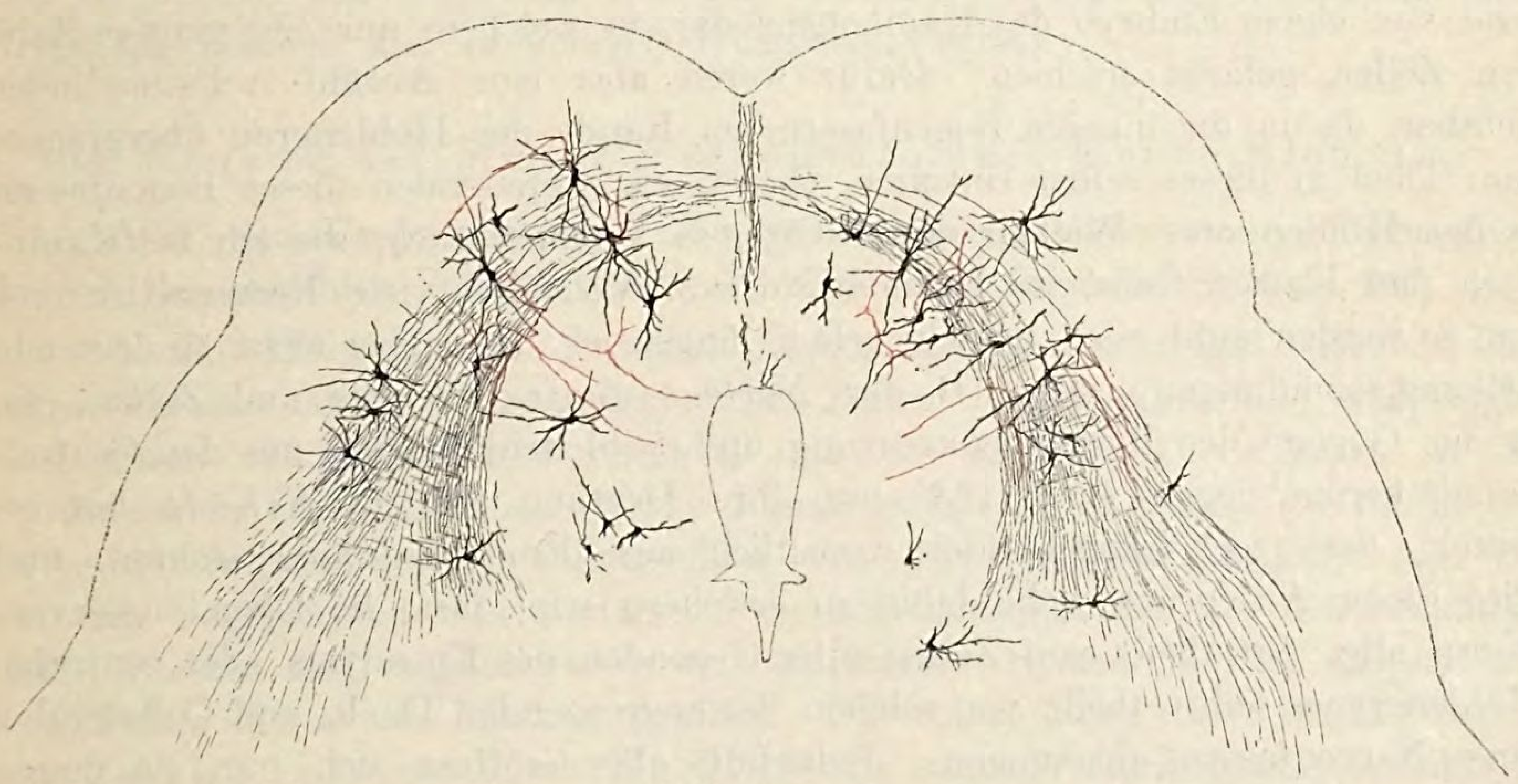


Fig. 523.

Grau und dorsales Längsbündel, mit welchen er die besonderen Arten der nervösen Elemente im centralen Höhlengrau bezeichnet, sehr verschiedenartige Dinge vereint. Vor allem zieht derselbe die feinen Nervengeflechte in den motorischen Kernen und gewissen sensiblen Endkernen (*Vagus, Acusticus*) heran und lässt dieselben mit seinem Längsbündel in Verbindung stehen, was ich nicht unterschreiben kann. Diese Geflechte stammen, wie wir sahen, wesentlich einmal aus den Enden der Pyramidenbahnen und zweitens aus den sensiblen Endkernen und in dieser Weise ist auch das so sehr auffallende Geflecht

Fig. 523. Querschnitt durch den dorsalen Theil des Mittelhirns mit den proximalen Vierhügeln von einem neugeb. Kaninchen. *Golgi*. Geringe Vergr. Im centralen Höhlengrau und zwischen den tiefen Bogenfasern viele multipolare Zellen. Die rothen Linien sind theils Achsencylinderfortsätze von Zellen, theils Collateralen von Bogenfasern.

im Hypoglossuskerne zu deuten. Doch will ich nicht bestreiten, dass die oberflächlichsten Elemente dieses Kernes und der Kerne des *Vagus* und *Acusticus* nicht möglicherweise zu dem *Schütz*'schen Längsbündel zu zählen sind. Dass aber andere, ebenso dichte Geflechte, wie im *Nucleus ventralis acustici*, im Facialiskerne und motorischen Trigeminuskerne mit nervösen Ependymfasern nichts zu thun haben, halte ich für sicher.

Bei weiteren Untersuchungen über das Längsbündel von *Schütz* und die nervösen Ependymfasern überhaupt wird das Hauptgewicht darauf zu legen sein, die Herkunft dieser Fasern, mit andern Worten ihre Ursprungszellen zu ermitteln, was nur an Präparaten nach *Golgi* geschehen kann. An solchen Präparaten habe ich bei neugeborenen und jungen Katzen das centrale Höhlengrau um den *Aquæductus* herum in allen Gegenden mit Zellen verschiedener Grösse und Form sehr reichlich versehen gefunden (Seite 226) und werde ich im 2. Theile dieses Bandes eine hierauf bezügliche Abbildung geben. (Siehe auch *Tartuferi* in Arch. ital. p. l. malattie nerv. 1885 Fig. 7, Zellen im Höhlengrau des proximalen Vierhügels.) Die Fig. 523 stellt das *Aquæductus* Höhlengrau von einem Embryo des Kaninchens dar, in welchem nur eine geringe Zahl von Zellen gefärbt erschien. Dafür waren aber eine Anzahl Achsencylinder sichtbar, die in die inneren Bogenfasern am Rande des Höhlengrau übergingen, zum Theil in dieses selbst eintraten, ebenso wie Collateralen dieser Bogenfasern in das Höhlengrau. Wie an diesem Orte, so kommen auch, wie ich bei Kaninchen und Katzen finde, im Ependym des 3. Ventrikel viele Nervenzellen vor und so werden wohl auch manche schon längst bekannte, aber nicht zu deutende Zellenansammlungen, wie z. B. der *Nucleus funiculi teretis* und Zellen, die in der Gegend der Pyramidenkreuzung und Schleifenkreuzung um den Centralkanal herum liegen (s. § 132) nun ihre Deutung finden. *Schütz* hat ermittelt, dass sein Längsbündel wesentlich aus dem *Thalamus* stammt, und wird dieser Ausspruch wohl dahin zu erweitern sein, dass die Ependymnervenfasern aller Art theils von Zellen aller Gegenden des Ependyms oder centralen Höhlengraues selbst, theils von solchen der angrenzenden Theile und Collateralen ihrer Nervenfasern abstammen. Jedenfalls aber eröffnet sich nun ein neues, wichtiges Feld der Untersuchung. Wer nur einmal an einem guten *Weigert*'schen Präparate das centrale Höhlengrau des Erwachsenen (denn wie *Schütz* mit Recht angiebt, sind bei Neugeborenen sowohl die nervösen Ependymfasern, als die Geflechte der Nervenkerne noch nicht markhaltig) vom *Aquæductus* oder 3. Ventrikel mit seinem unglaublichen Reichthume an feinen, feinsten und selbst gröberen Nervenfasern gesehen und sich erstaunt gefragt hat, was denn alle diese Fäserchen bedeuten, wird gewiss mit mir sich freuen, dass nun auch diese Frage so glücklich in Angriff genommen worden ist.

Zusammenstellung der Resultate.

I. Die aus dem Rückenmarke stammenden Elemente.

1. Die Pyramidenbahnen gehen, durch Abgabe von Elementen an die motorischen Kerne der Hirnnerven an Stärke abnehmend, aus den Hirnstielen in die *Medulla oblongata* und *spinalis* über.

2. Die Kleinhirnseitenstrangbahn geht durch den *Pedunculus cerebelli* in das kleine Gehirn ein und gestaltet sich zu centripetalen, in die graue Rinde ausstrahlenden Elementen.

3. Ebenso verhält sich die Dorsalstrangkleinhirnbahn.

4. Der *Fasciculus longitudinalis dorsalis* geht aus den Vorderstranggrundbündeln des Markes hervor, stellt eine gekreuzte sensible Leitung II. Ordnung dar, die bei Reflexen betheiligt ist, und endet in den Kernen des XII., VI., IV. und III. Nerven.

5. Die Seitenstrangreste der Oblongata bestehen aus Strangfasern des Markes, die z. Th. in demselben sich kreuzten, und bilden ebenfalls eine sensible Leitung II. Ordnung, die durch Collateralen (und direkte Enden?) auf die lateral gelegenen motorischen Kerne des XI., X., IX., VII. und V. Nerven wirkt. Ob Theile der Seitenstrangreste, wie *Bechterew* annimmt, auch in den sogenannten Kernen der *Substantia reticularis (Nucleus centralis inferior et superior, N. reticularis tegmenti)* enden, ist weiter zu prüfen. Wäre dem so, so würden von diesen Kernen aus sensible Leitungen III. Ordnung ihren Ursprung nehmen und zu höheren Hirntheilen ziehen.

II. Neue in der *Medulla oblongata* auftretende Elemente.

Von den Ursprungskernen der motorischen Hirnnerven und den Endkernen der sensiblen Nerven absehend, zählen wir folgende Systeme auf:

1. Die Oliven. In denselben finden sich als centrifugal wirkende Elemente Fasern, die von den *Purkinje*'schen Zellen der Kleinhirnrinde entspringen und durch den *Pedunculus cerebelli* und die Kleinhirn-Olivenfasern in die contralaterale Olive eintreten. Diese Fasern enden als Binnenfasern in der Olive und wirken auf die Olivenzellen ein, deren nervöse Ausläufer oder die von mir sogenannten Olivenfasern in Seitenstrangfasern des Rückenmarks sich fortsetzen und möglicherweise ein centrifugales System bilden, das auf die motorischen Kerne des Markes einwirkt. Ob neben dieser Oliven-Rückenmarksbahn auch eine durch *Bechterew*'s centrale Haubenbahn vermittelte Oliven-Grosshirnbahn vorkommt, ist bis jetzt noch nicht festgestellt.

2. Einzelzellen der *Substantia reticularis* der Oblongata. Von diesen Elementen entspringen Nervenfasern, die centripetale Leitungen III. Ordnung darstellen und in gewisse höhere Theile (Brücke, laterale Schleife, mediale Schleife) sich fortzusetzen scheinen, während andererseits in den Seitenstrangresten gelegene Enden von Strangfasern des Markes auf die Ursprungszellen dieser Bahnen einwirken (s. I Nr. 5).

3. Die Schleifenfasern stellen sensible Leitungen II. Ordnung dar. Die Fasern der medialen Schleife entspringen aus den Kernen der *Funiculi graciles et cuneati* und aus den Endkernen der sensiblen Hirnnerven. Die laterale Schleife entwickelt sich höchst wahrscheinlich aus der kleinen Olive und dem *Nucleus Lemnisci lateralis*.

4. Pyramidenkerne *(Nuclei arciformes)*. In diesen enden einmal Fasern des *Pedunculus cerebelli* derselben Seite und entspringen anderseits Fasern, die zum contralateralen Kleinhirnstiele sich begeben. Zu diesen Kernen

treten ausserdem Fasern der Dorsalstränge. Die Beziehungen dieser verschiedenen Faserarten zu einander sind noch wenig klar und scheint nur so viel sicher zu sein, dass die *Nuclei arciformes* die beiden Kleinhirnhälften mit einander in Verbindung setzen. Für die Annahme *Mingazzini's*, dass die Pyramidenkerne centrifugal auf die *Medulla spinalis* einwirken und motorische Effekte erzielen, spricht vorläufig keine einzige Thatsache.

5. Querfasern der Brücke, Brückenkerne. Die Querfasern der Brücke bestehen z. Th. aus *Purkinje'schen* Fasern, die ein centrifugal wirkendes System darstellen, z. Th. aus eigentlichen Brückenfasern, die von den Zellen der Brückenkerne entspringen. Die *Purkinje'schen* Fasern enden wahrscheinlich in ihrer Mehrzahl in den Brückenkernen gekreuzt und ungekreuzt, während die Brückenfasern selbst in zwei Systeme sich fortsetzen und zwar einmal in die medialen und lateralen Längsfasern des *Pes pedunculi*, die nicht mit den Pyramidenbahnen zusammenhängen, und zweitens in centripetale, in das Cerebellum eindringende Fasern, die mit den *Purkinje'schen* Fasern zusammen eine zweigliedrige Kommissur des kleinen Gehirns darstellen. Was die zur Haube aufsteigenden Brückenfasern betrifft, so ist deren Bedeutung noch dunkel und jedenfalls die Annahme von *Bechterew*, der dieselben mit der *Medulla spinalis* in Verbindung setzt und ihnen motorische Funktionen zuschreibt, nicht erwiesen. Besser begründet erscheint die Hypothese von *Mingazzini*, dass dieselben durch den *Lemniscus lateralis* mit dem proximalen Vierhügelpaare sich verbinden.

6. Fasern des centralen Höhlengraues. Dieselben entspringen von den zahlreichen Zellen dieser grauen Substanz und haben zu den Fasernetzen der motorischen und sensiblen Kerne keine direkte Beziehung. Ihre physiologische Bedeutung ist vorläufig im Dunkeln, doch liegt es am nächsten, bei diesen Elementen an kurze Bahnen von Associationssystemen zu denken.

§ 148.

Cerebellum. Anordnung der Elemente im Allgemeinen.

Das kleine Gehirn besteht wesentlich aus einer inneren Markmasse und einem oberflächlichen grauen Belage, der grauen Rinde. Ausserdem finden sich aber noch in den ventralen Theilen des Wurmes und in den Hemisphären besondere Ansammlungen grauer Substanz, das *Corpus dentatum* oder der gezackte Kern mit seinen Anhängen, dem Pfropf- und Kugelkerne und der Dachkern, welche Gebilde alle paarig vorhanden sind. (Fig. 524, 525, 526).

Das *Corpus dentatum s. ciliare s. Nucleus dentatus*, der gezackte Kern ist ein der Olive gleich gebildetes graues Blatt von 0,3 bis 0,5 mm Dicke, welches einen stark gefalteten Sack oder Beutel darstellt, der nach der medialen und cerebralen Seite unterbrochen oder offen ist, durch welchen sogenannten *Hilus* weisse Markmasse, der sogenannte Markkern, in die Aushöhlung des Blattes tritt. Dieser graue Kern, an dem der Bequemlichkeit halber ein dorsales und ein ventrales Blatt unterschieden werden können, hat seine Lage in dem ventralen und medialen Theile der

Markmasse der Hemisphären und reicht mit seinen tiefsten Theilen bis nahe an die seitlichen Theile des Ventriculus IV heran. Von seinem cerebralen Ende zweigen sich besondere Anhänge medianwärts ab, die von *Stilling* als Pfropf- und Kugelkern (*Embolus* und *Nucleus globosus*) bezeichnet wurden und an senkrechten Schnitten in der Regel wie selbständige Gebilde von rein grauer Substanz ohne innere Markmasse erscheinen. Eine unzweifelhaft für sich bestehende Bildung ist der Dachkern, *Nucleus tecti*, (*t*) der dem Mittelstücke des Kleinhirns, dem Wurme, angehört. Derselbe stellt eine 9—10 mm lange, spindelförmige und im Querschnitte annähernd dreieckige 5—6 mm breite, rein graue paarige Masse dar, die vom Ependym des 4. Ventrikels nur durch eine dünne Markmasse geschieden ist. Beide Dachkerne liegen einander sehr nahe in der Gegend zwischen dem *Nodulus* und der *Lingula* und nehmen hier ungefähr die Hälfte oder zwei Drittheile der Höhe des Markkernes des Wurmes ein (s. *Obersteiner* Fig. 147).

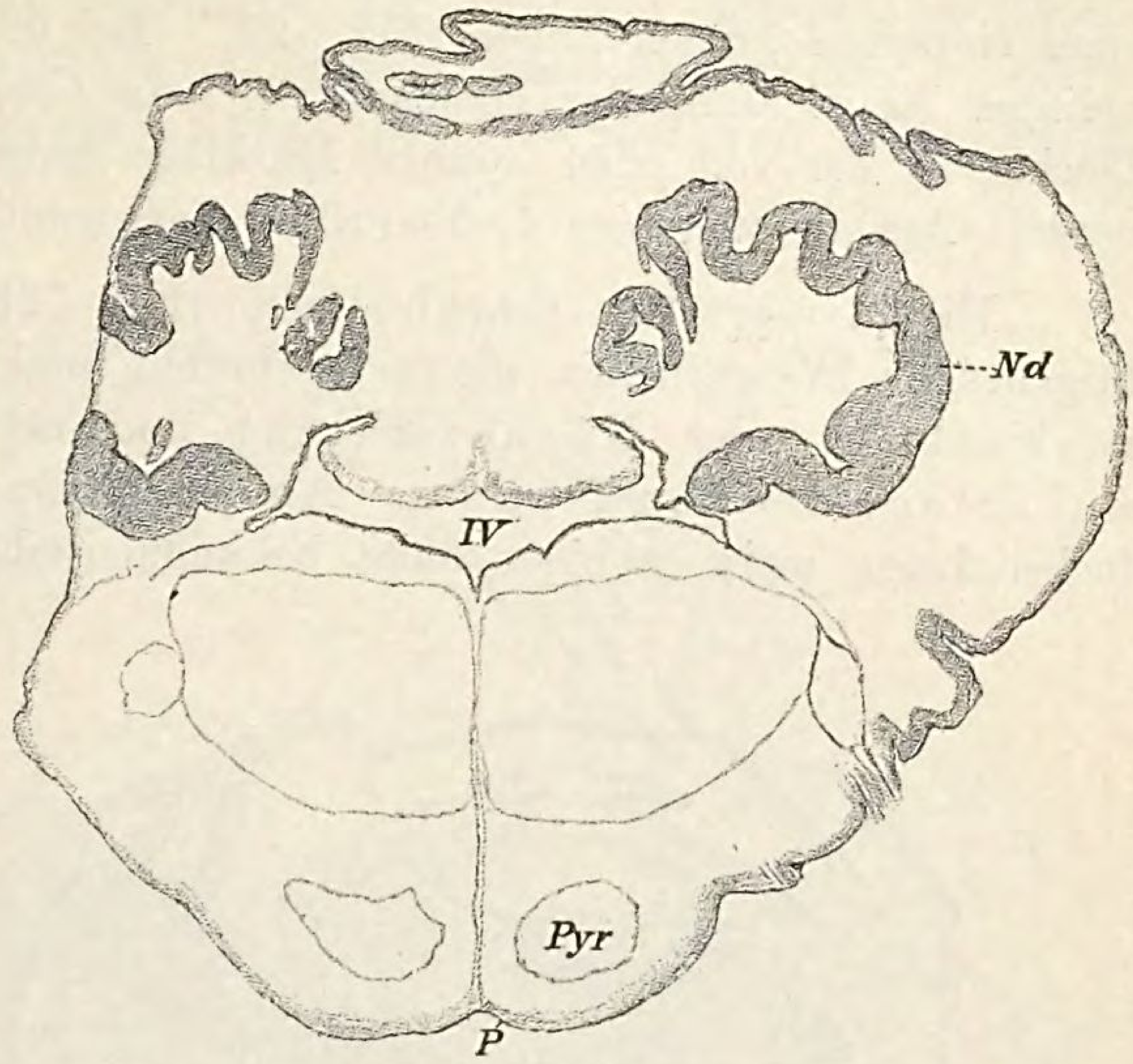


Fig. 524.

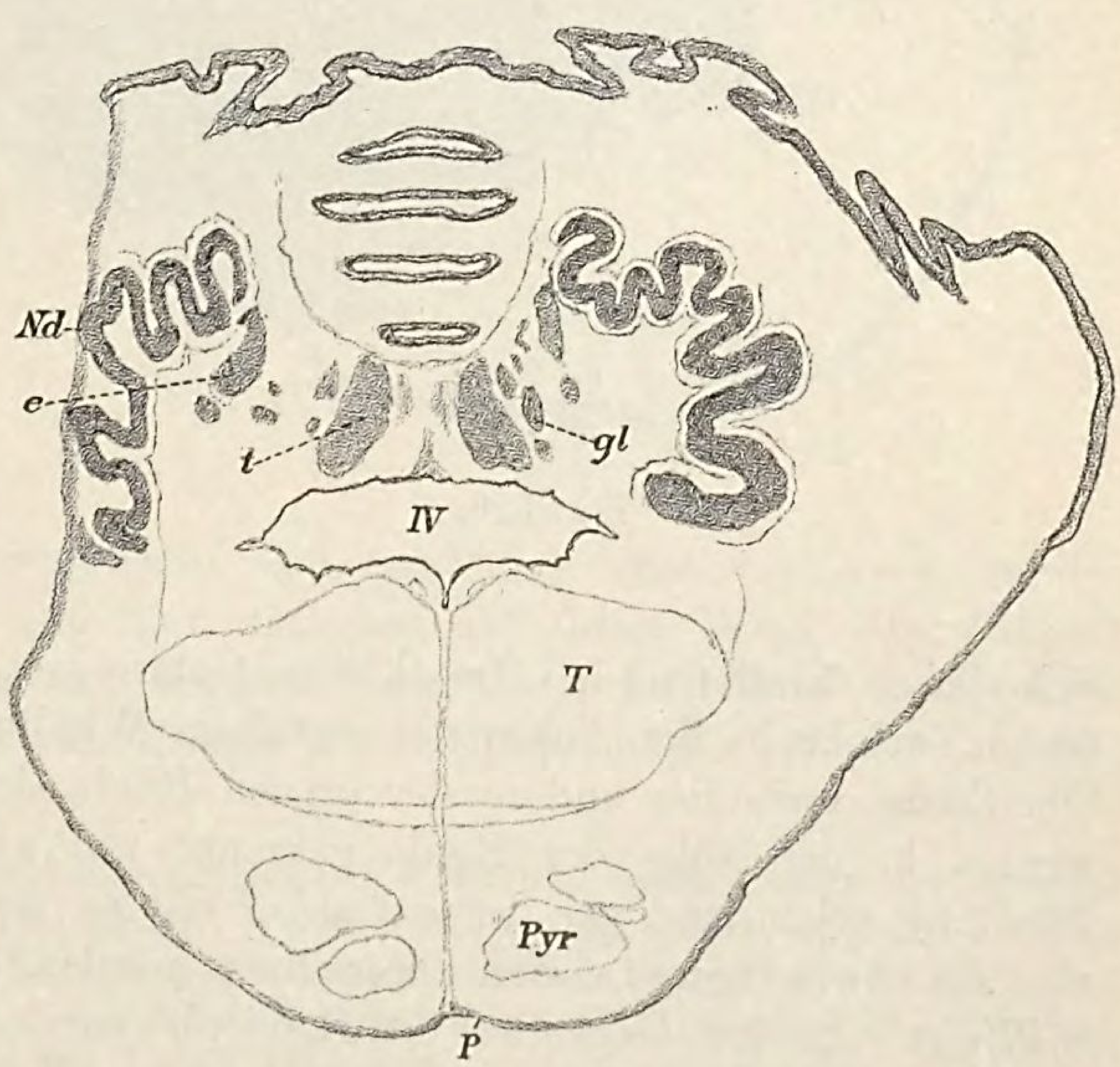


Fig. 525.

Fig. 524. Querschnitt durch die Brücke und einen Theil des Cerebellum eines Embryo von 6 Mon., Schnitt No. 86. Färbung nach *Pal*, 4:1. Von der Brücke ist die Gegend der Eintrittsstelle des *Nervus vestibuli*, des *Ganglion ventrale acustici*, der *Oliva minor*, des Trapezium u. s. w. getroffen. *IV Ventriculus quartus*; *P* Brücke; *Py Pyramis*, beide marklos; *N. d. Nucl. dentatus*.

Fig. 525. Querschnitt der Serie der Fig. 524, weiter cerebralwärts No. 94. Buchstaben zum Theil wie vorhin, dann *T Tegmentum*; *e Embolus*; *gl Nucleus globosus*; *t Nucleus tecti*.

Bei Thieren finden sich in den tiefen Theilen des kleinen Gehirns ebenfalls graue Massen, doch ist bei Säugern das *Corpus dentatum* nirgends so reich gefaltet, wie beim Menschen, und gestaltet sich bei den niederen Formen zu einer einfachen grauen Masse (Fig. 527). Bei den Vögeln findet sich in Folge geringer Entwicklung der Hemisphären kein *Corpus dentatum*, sondern nur ein Dachkern, der von einer dünnen Marklage bedeckt sich jederseits gegen eine dorsale Ausbuchtung des 4. Ventrikels hervorwölbt.

Die Rinde des Cerebellum (Fig. 528) ist in allen Theilen dieses Organes im Wesentlichen gleich beschaffen und zeigt zwei Lagen, welche als rostfarbene oder Körnerschicht und als rein graue oder Molekularlage bezeichnet werden. An der Grenze beider befinden sich in einfacher Lage, mehr weniger dicht beisammenstehend, die grossen *Purkinje*'schen Zellen, welche auch wohl als grosszellige Schicht von den bei den andern unterschieden werden.

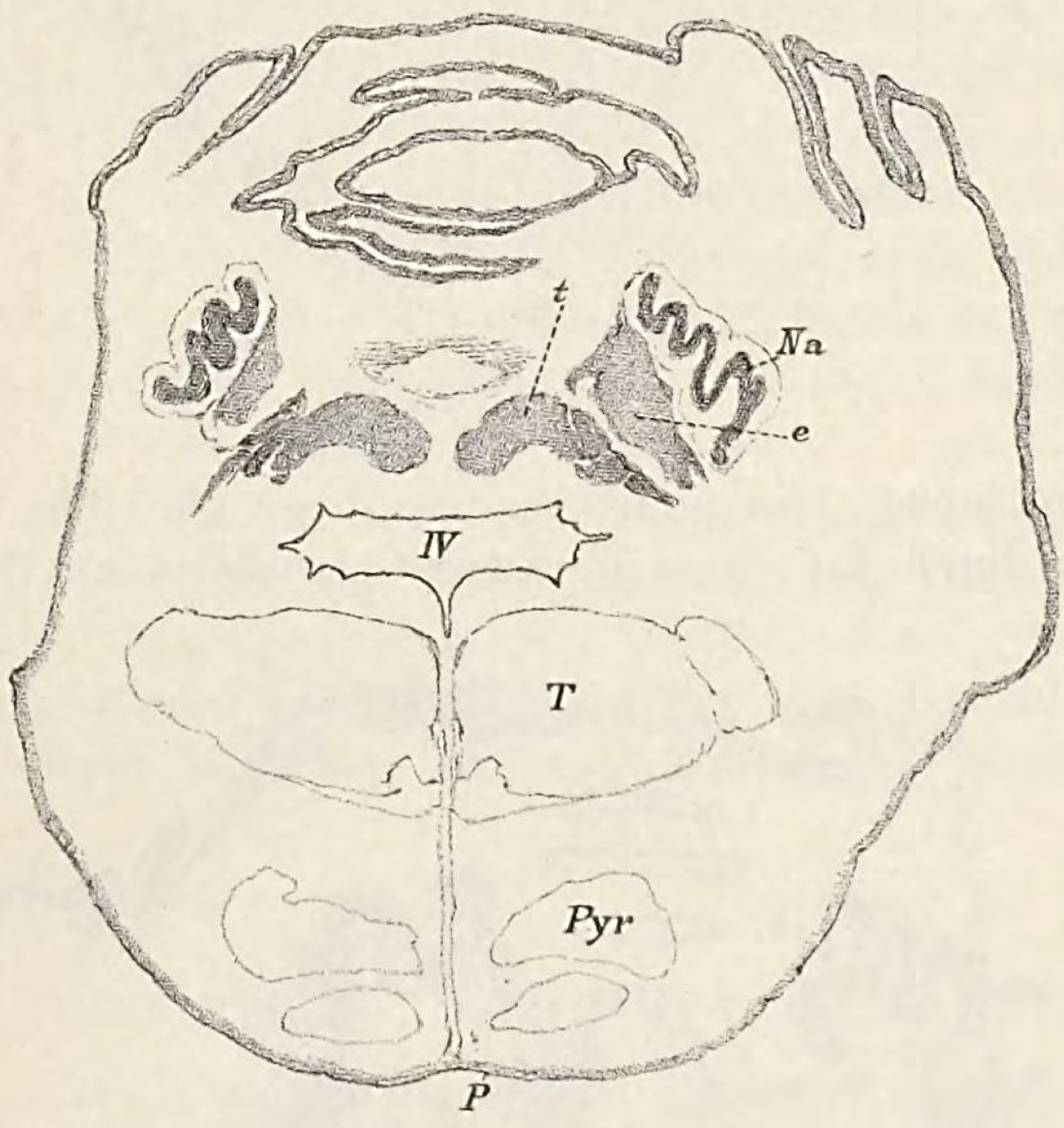


Fig. 526.

Die Marksubstanz des kleinen Hirns erscheint im Allgemeinen auf jeder Seite als die Fortsetzung der drei bekannten Crura, doch sind ausserdem noch besondere Faserzüge da, die die Anordnung der Nervenfasern zu einer sehr verwickelten machen.

In der weissen Marksubstanz der Hemisphären spielen die Brückenarme die Hauptrolle. Die Fasern derselben, die zu den feineren gehören, ordnen sich beim Eintreten in das kleine Gehirn so, dass sie dünne Blätter bilden, welche in der Achse der einzelnen Windungen, als Kern derselben zur Oberfläche verlaufen und in der grauen Rinde sich verlieren. Diese Faserzüge werden in der Nähe der Rinde gekreuzt von andern, die von Windung zu Windung gehen und am besten als *Fibrae arciformes gyrorum* oder als Associationsfasern bezeichnet werden (guirlandenförmige Faserzüge, *Stilling*). In den Gegenden der Hemisphären, in denen das *Corpus dentatum*

Fig. 526. Querschnitt der Serie der Fig. 524 weiter cerebralwärts No. 102. Buchstaben wie bei Fig. 525 *e Embolus* und *Nucleus globosus* vereint. Von der Brücke ist die Gegend der Eintrittsstelle des Quintus getroffen.

s. ciliatum seine Lage hat, werden die Verhältnisse verwickelter. Hier treten einmal aus dem Innern derselben die Bindearme aus, welche die unmittelbare Fortsetzung der weissen Markmasse des *Corpus dentatum* bilden und wird zweitens die gesammte äussere Oberfläche des gezackten Kernes von Fasern umgeben, die von allen Seiten der Umgebung an denselben herantreten, welche beiderlei Faserarten *Stilling* als extra- und intraciliäre Fasern unter-

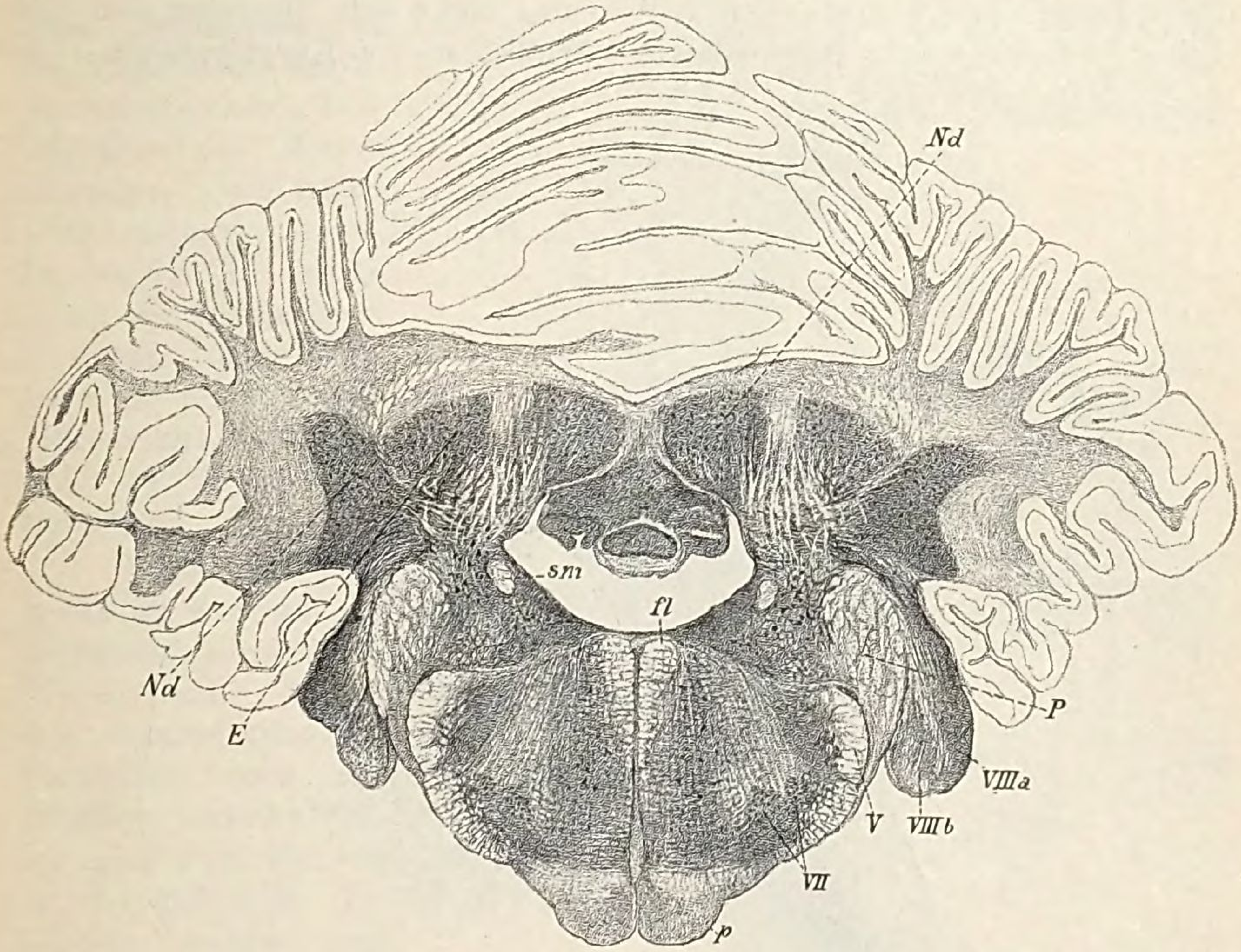


Fig. 527.

schieden hat. Die extraciliären Fasern oder das Vliess leitet *Stilling* von der Rinde der Hemisphären ab und lässt dieselben auf ihrem Wege zum *Corpus dentatum* in mehreren Zonen sich kreuzen, zum Theil betrachtet er dieselben als Endigungen eines Theiles der Fasern der Kleinhirnstiele oder der *Corpora*

Fig. 527. Querschnitt durch das verlängerte Mark und kleine Gehirn der erwachsenen Katze. Viermal vergr. (No. 108a.) *Weigert-* und *Pal*'sche Färbung. *Nd Nucleus dentatus; E* dem *Embolus* und *Nucleus globosus* des Menschen entsprechender einfacher Kern; *Nt Nucleus tecti* (ist das obere *Nd*); *p* Pyramiden; *fl Fasciculus longitudinalis dorsalis,* ventralwärts davon in der *Subst. reticularis* grosse Nervenzellen; *VII* Kern des *Facialis*; *V* absteigende Quintuswurzel; *VIIIa* lateraler, *b* medialer Theil des ventralen Acusticuskernes; *P Pedunculus cerebelli*; *sm Stria medullaris* quer, lateralwärts davon der Kern von *Deiters* und die aufsteigende Acusticuswurzel, dorsalwärts davon Faserausstrahlung in das Cerebellum aus der Gegend des *Deiters*'schen Kernes.

restiformia, endlich lässt er drittens und viertens auch Brückenfasern und Bindearmfasern in dieselben übergehen.

In die Rinde der Hemisphären treten ausser den Brückenfasern und den extraciliären Fasern auch Bestandtheile der Bindearme und der Kleinhirnstiele, welche letztere den *Tractus semicircularis* von *Stilling* bilden und bogenförmig das *Corpus dentatum* umgreifen, welchen Fasern auch zahlreiche extraciliäre Elemente sich beigesellen.

Die weisse Substanz des Wurmes bildet sich, abgesehen von spärlichen Fortsetzungen der Brückenfasern wesentlich aus den Kleinhirnstielen. Und

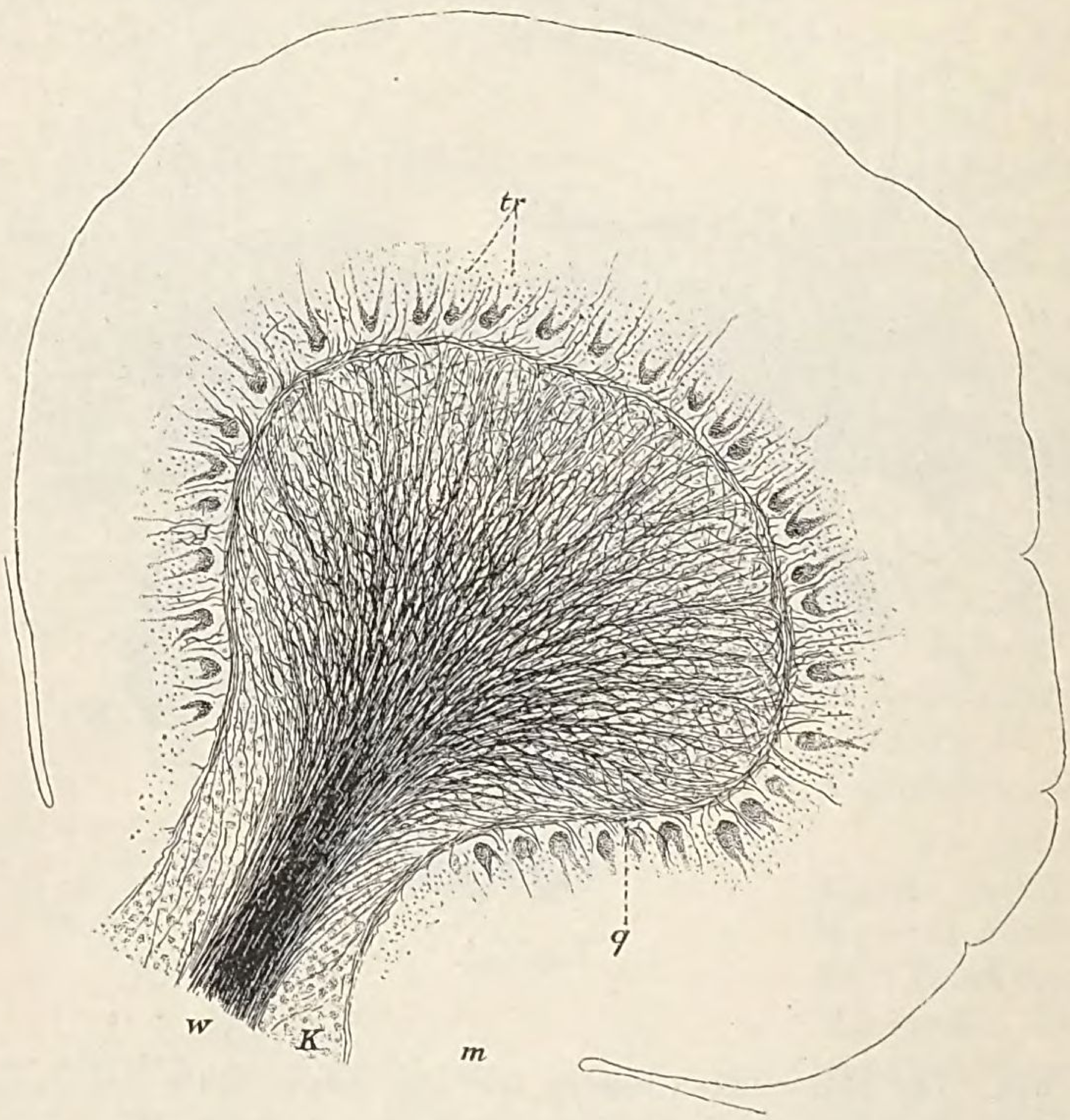


Fig. 528.

zwar enden diese zum Theil gekreuzt, zum Theil ungekreuzt. Die letzteren Fasern sind *Monakow's* Erfahrungen zu Folge wahrscheinlich Fortsetzungen der Kleinhirnseitenstrangbahn. Die sich kreuzenden Fasern umgeben das *Corpus*

Fig. 528. Querschnitt einer Windung des Cerebellum des Menschen. Methode von *Weigert.* Markhaltige Fasern dunkel. Geringe Vergr. *m* Molekularlage; *k* Körnerschicht oder rostfarbene Lage; *w* weisse Substanz der Markblätter; *q* Markhaltige Querfasern der Körnerlage; *tr* longitudinale Fäserchen der Molekularlage mit den Körpern der *Purkinje*'schen Zellen.

dentatum von der lateralen Seite her und wenden sich dann zur ventralen Seite des Wurmes, um zwischen den Kugelkernen zu verschwinden. Andere Fasern, die nach *Edinger* etwas später als die genannten markhaltig werden, stellen die direkte sensorische Kleinhirnbahn dieses Autors dar, verlaufen von derselben Gegend her an der medialen Seite des *Pedunculus cerebelli* und sollen in den *Acusticus, Trigeminus*, in die Vago-Glossopharyngeuswurzeln und die Dorsalstränge des Markes übergehen. Wie früher schon dargelegt wurde, bin ich jedoch, ebensowenig wie andere, nicht im Stande, eine solche Bahn für die genannten Hirnnerven anzunehmen, wohl aber für die Dorsalstränge.

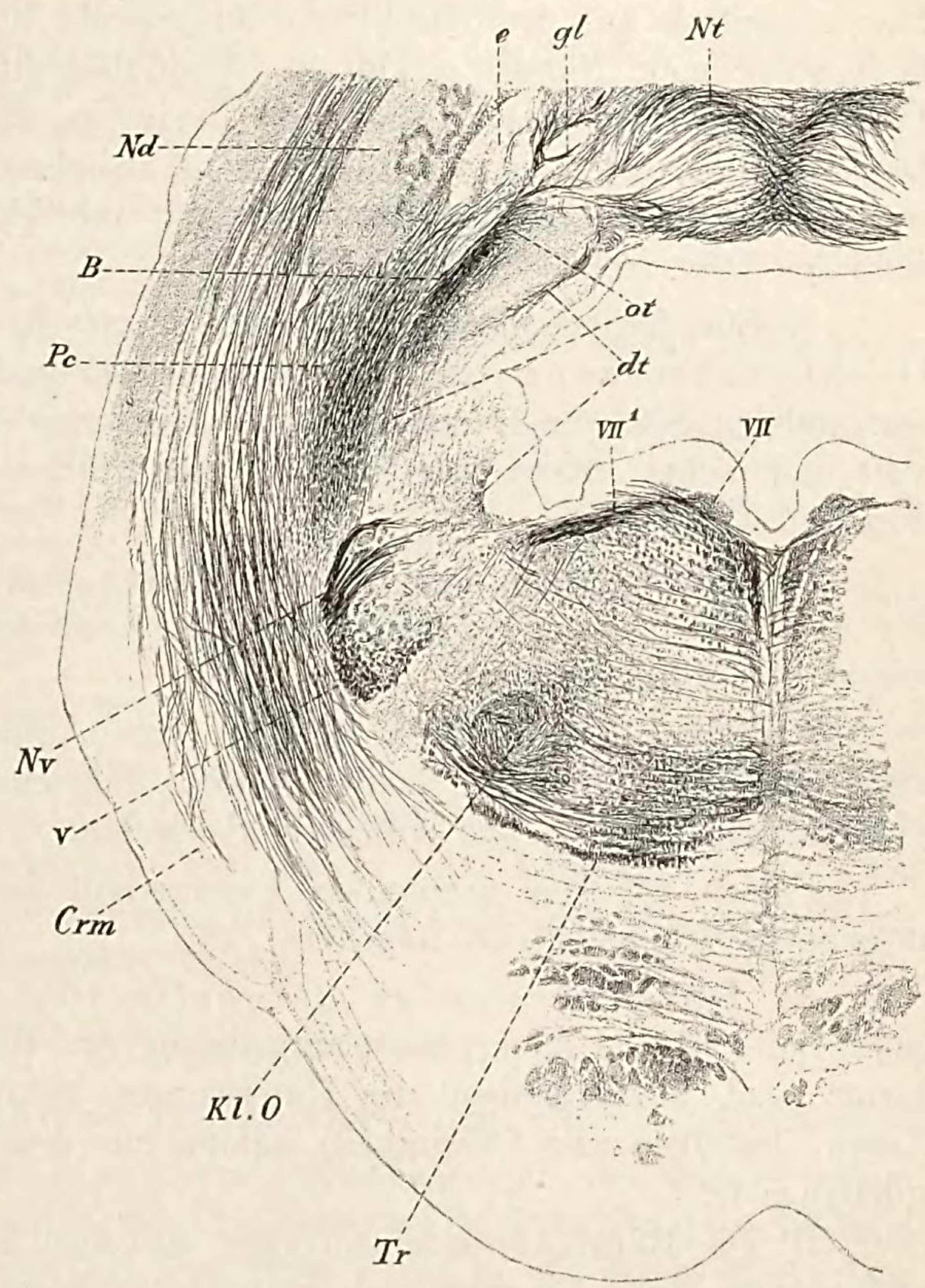


Fig. 529.

Ausser der eben erwähnten Kreuzung der *Pedunculi cerebelli* im Wurme finden sich in der Marksubstanz des Cerebellum noch verschiedene andere Kreuzungen von Fasern beider Hälften. Besonders wichtig sind 1. die grosse vordere Kreuzungskommissur an der cerebralen und dorsalen Seite des Dachkernes (siehe *Obersteiner* Fig. 147). Zu derselben Kommissur gehören auch zahlreiche, an der cerebralen Seite des *Corpus dentatum* gelegene Fasern (*Obersteiner*

Fig. 529. Querschnitt der *Oblongata* eines menschl. Embryo vom 7.—8. Monate. Nr. VI, Präp 250, *Weigert*. Ger. Vergr. *VII* Facialiskern; *VII'* Austretende Facialiswurzel; *Tr.* Trapezium mit *Lemniscus medialis*; *Kl.O.* Kleine Olive; *Crm.* Brückenarm mit zum Theil markhaltigen Fasern; *V* Sensible Quintuswurzel; *Nv. Nervus vestibuli*; *Pc.* Ausstrahlung des *Pedunculus cerebelli* an der lateralen und medialen Seite des *Nucleus dentatus Nd* und den Pfropf *e* umfassend; *B* Bindearm; *gl Nucleus globosus* mit Ausstrahlungen zur Rinde; *Nt* Dachkern mit Kreuzung; *ot* Fasern von der kleinen Olive zum Dachkerne an der lateralen Seite des Bindearms; *dt* Fasern vom *Deiters*'schen Kerne zum Dachkerne.

S. 317) und Bündelchen von Querfasern an der dorsalen Seite des *Corpus dentatum*, die *Obersteiner* als dorsale Kleinhirnkreuzung bezeichnet (S. 317). Das Querschnittsfeld dieser Kommissur misst vor dem Dachkerne nur 0,2 mm, verbreitet sich dann aber an der dorsalen Seite desselben auf 1 mm und reicht einerseits schmäler werdend weit in den senkrechten Ast des *Arbor vitae* und erstreckt sich auch in den horizontalen Ast hinein. Durch sagittale aus dem Dachkerne austretende Bündel wird diese Kommissur in lange schmale Bündel zerklüftet. Frontalschnitte lehren, dass ziemlich viele Fasern dieser Kommissur, und zwar besonders die an der dorsalen Seite der Dachkerne liegenden, in der Medianebene zwischen beiden Dachkernen ventralwärts verlaufen, sich hier kreuzen und dann wahrscheinlich in die Sagittalrichtung einbiegen (*Obersteiner* S. 318, Fig. 123).

2. Eine fernere Kreuzung findet sich zwischen den Dachkernen selbst, die Dachkernkreuzung von *Obersteiner* (Fig. 529), welche schliesslich an der caudalen Seite der Dachkerne in den horizontalen Ast des *Arbor vitae* übergeht und nichts anderes darstellt, als den mittleren Theil der oben erwähnten dorsalen Kreuzung.

3. Endlich finden sich noch Querfasern weit aussen im horizontalen Aste des *Arbor vitae* da, wo derselbe in kleine Aeste zerfällt (hintere Kleinhirnkommissur von *Obersteiner*).

Alle diese Kommissuren sind in ihren Anfängen und Endigungen noch nicht hinreichend bekannt, stellen jedoch wahrscheinlich Ein System dar, das physiologisch dem *Corpus callosum* gleichsteht.

Fassen wir den gesammten Faserverlauf im kleinen Hirn übersichtlich zusammen, so ergiebt sich folgendes:

A. Der *Pedunculus cerebelli* oder das *Corpus restiforme* endet mit seinem Rückenmarksantheile in der Rinde des Oberwurmes ungekreuzt und in derjenigen des Unterwurmes gekreuzt; ein anderer Theil der Fasern desselben (der Oliventheil) stammt aus dem Vliesse und von der Hemisphärenrinde.

B. Die Bindearme entspringen aus dem Marke des *Corpus dentatum* und nehmen auch Elemente der extraciliaren Fasern und der Rinde auf.

C. Die Brückenfasern kommen fast ausschliesslich von der Rinde der Hemisphären und zeichnen sich durch feines Kaliber aus.

D. Die direkte sensorische Kleinhirnbahn von *Edinger* steht in sofern für den *Acusticus (N. vestibuli)* fest, als dessen Fasern im *Deiters*'schen Kerne enden, von dem aus neue centripetale Elemente im *Pedunculus cerebelli* zum *Nucleus tecti* der anderen Seite treten und da aufhören. Für den V., IX. und X. Nerven ist dieselbe mehr als zweifelhaft.

E. Zahlreiche Quer- oder Kommissurenfasern liegen im Wurme und erstrecken sich zum Theil auch in die Hemisphären.

F. Longitudinale Elemente in mässiger Zahl liegen im *Velum medullare medium* in der Mitte und zu beiden Seiten (medianes sagittales Basalbündel, und laterale Längsbündel, *Obersteiner*).

Bechterew fand beim Studium der Markentwicklung im Bindearme vier verschiedene Bündel, die er als ventrales, dorsales, mittleres und mediales bezeichnet. (Arch.

f. Anat. 1888 S. 195 Taf. XIII.) Das ventrale gehört eigentlich nicht dem Bindearme an und verliert sich spinalwärts vom Kerne von *Bechterew*; cerebralwärts geht dasselbe in der Gegend der distalen Vierhügel in eine Querkommissur über (Fig. 2, *fv*). Die drei übrigen Bündel nehmen an der Kreuzung der Bindearme theil, die eine totale zu sein scheint. Was ihre Beziehungen zum kleinen Gehirne betrifft, so geht das dorsale Bündel theils zum Dachkerne, theils zur Rinde des oberen Wurmes derselben Seite, das mittlere Bündel verliert sich am Kugel- und Pfropfkerne, die inneren Bündel endlich ziehen theils zum *Corpus dentatum*, theils zur Rinde der Hemisphären.

Vergleicht man die Markscheidenbildung in diesen drei Bündeln mit derjenigen der verschiedenen Abtheilungen des *Pedunculus cerebelli*, so ergiebt sich, dass gleichzeitig mit dem dorsalen Bündel weiss werden die Kleinhirnseitenstrangbahn, die Bahn von den kleinen Oliven und diejenigen von den Kernen des Keil- und Seitenstranges. Mit dem mittleren Bündel zugleich werden markhaltig das Bündel aus dem Kerne des *Nervus vestibularis* und aus dem Kerne des *Fasciculus gracilis*; mit dem inneren Bündel endlich werden zugleich weiss die Olivar-Cerebellarbahnen.

Diese Thatsachen lassen, wie *Bechterew* meint, erkennen, welche Theile beider Hirnschenkel zu einander in näherer Beziehung stehen.

In Betreff der Verbindungen der Kerne des Cerebellum bemerkt *Bechterew*, dass von den kleinen Kernen aus zwei Bündel zum oberen Wurme gehen, eines vom *N. tecti* aus, das andere vom *N. globosus* und *Embolus*, sowie dass der *N. dentatus* mit der Rinde des dorsalen Theiles der Hemisphären in Verbindung steht.

Ueber den *Pedunculus flocculi* vergleiche man die neue Arbeit von *Stscherbak* im Neurol. Centralbl. 1893 pag. 227.

Cerebellum, feinerer Bau. Der feinere Bau des kleinen Gehirns ist verwickelter, als der irgend eines anderen Theiles des Nervensystems mit Ausnahme etwa der Netzhaut und soll an der Hand der Figuren 530 und 531, von denen die erste einen Querschnitt, die letztere einen Längsschnitt vor allem der grauen Rinde einer Windung darstellt, zuerst eine Uebersicht der wesentlichen hier vorkommenden Elemente gegeben werden.

A. Zellen.

In der grauen Schicht der Rinde finden sich folgende Zellenformen:

1. Die grossen *Purkinje*'schen Zellen, an der Grenze beider Schichten der Rinde, von denen in der Fig. 530, zwei in ihrer Hauptverästelung dargestellt sind mit den Achsencylinderfortsätzen *p*, die in die weisse Markmasse der Windungen hineinziehen und rückwärts laufende Collateralen abgeben. In der Fig. 531 sieht man vier solche Zellen von der schmalen Seite ebenfalls mit verästelten nervösen Fortsätzen.

2. Die Korbzellen (Fig. 530 *m'*) in den tieferen Theilen der Molekularlage, deren nervöse Fortsätze mit büschelförmigen Ausläufern *zk* die Körper der *Purkinje*'schen Zellen umgeben.

3. Die kleinen Rindenzellen (Fig. 530 *m*), die mehr die äusseren Lagen der Molekularschicht einnehmen und mit Hinsicht auf ihre nervösen Fortsätze nicht genauer bekannt sind.

4. Gliazellen (Fig. 530 *gl.*), deren Zellenkörper etwas tiefer als diejenigen der *Purkinje*'schen Zellen sitzen und mit langen verästelten Ausläufern die ganze Molekularlage durchziehen.

In der rostfarbenen oder Körnerschicht kommen nur zwei Zellenformen vor und zwar:

1. Die kleinen Körnerzellen (Fig. 530, 531 *gr.*) mit 4—5 kurzen Dendriten und einem langen nervösen Fortsatze *n*, der in die Molekularlage eindringt und da in allen Höhen gabelförmig sich theilend in lange feine Longitudinalfäserchen

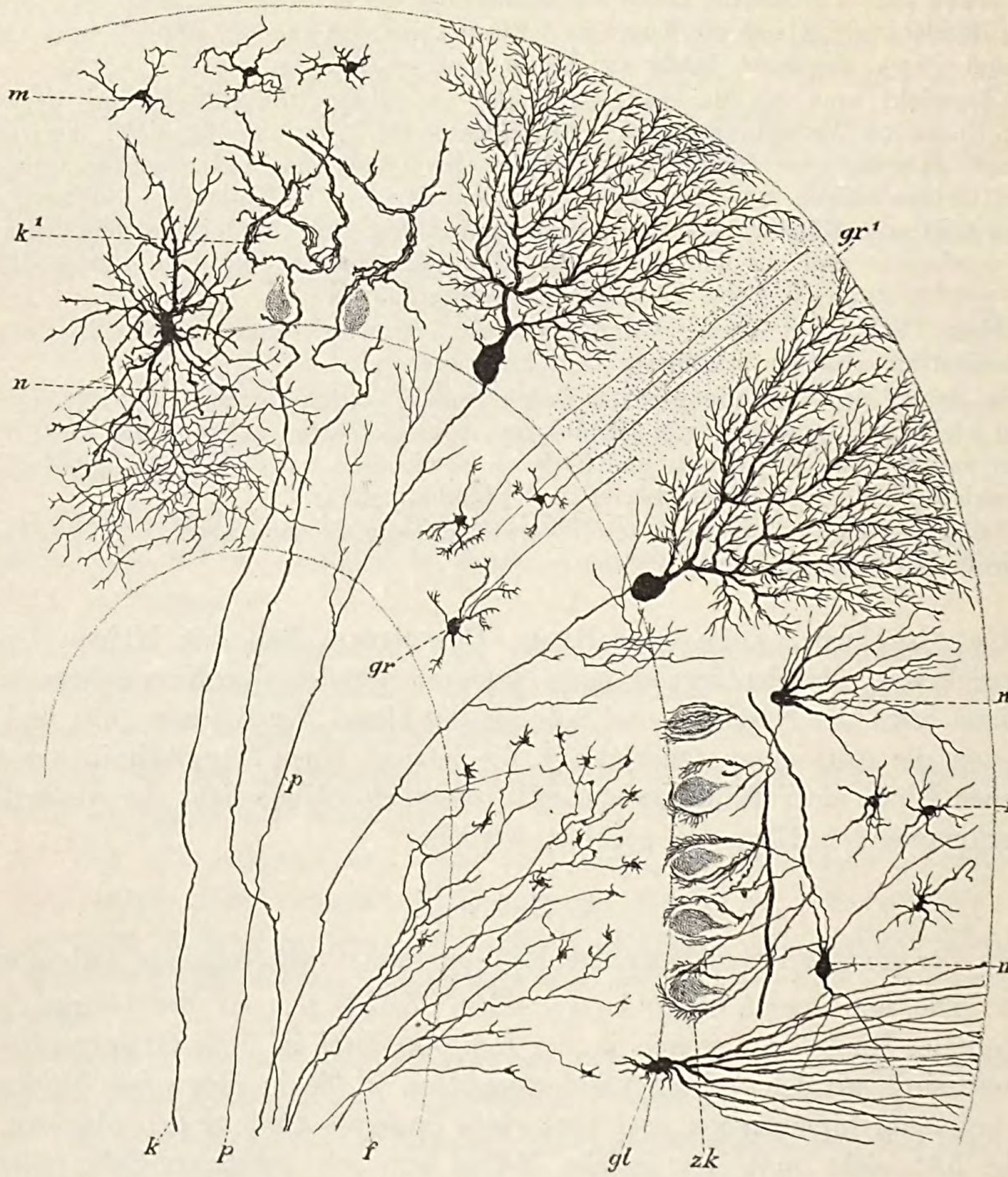


Fig. 530.

n' ausläuft, die in solcher Menge vorhanden sind, dass an Querschnitten alle Zwischenräume zwischen den Aesten der *Purkinje*'schen Dendriten fein punktirt erscheinen (Fig. 530 *gr'*).

Fig. 530. Querschnitt einer Windung des Kleinen Gehirns. Schema. *p* Nervöse Fortsätze der *Purkinje*'schen Zellen mit rücklaufenden Collateralen; *k* Kletterfasern mit *k'* Enden derselben (*Plexus grimpants* von *Ramón*) an den *Purkinje*'schen Zellen; *gl* Gliazellen; *f* Moosfasern (*Fibras musgosas*); *m* Kleine Zellen der Molekularlage; *m'* grosse Zellen derselben Lage (Korbzellen) mit *zk* den die *Purkinje*'schen Zellenkörper umfassenden Körben; *gr* Körner mit Dendriten und in die Molekularlage eindringenden nervösen Fortsätzen, die bei *gr'* im Querschnitte als feine Punktirung erscheinen; *n* nervöser reich verästelter Fortsatz einer grossen Körnerzelle *o* der *Golgi*'schen Zelle.

2. *Golgi*'sche Zellen des 2. Typus oder grosse Körnerzellen, von denen die Fig. 530 links oben Eine zeigt, deren ungemein reichverzweigte nervöse Fortsätze *n* die gesammte Körnerlage durchziehen, während die Dendriten dieser Elemente in der Molekularlage oft weit nach aussen verlaufen.

B. Nervenfasern.

Abgesehen von den nervösen Fortsätzen der eben besprochenen Zellen, finden sich in der Rinde des Cerebellum mindestens dreierlei verschieden aussehende Nervenfasern, deren Beziehungen zu einander noch nicht klargestellt sind, und zwar

1. Die Moosfasern von *Cajal*, die aus der weissen Substanz austretend in der Körnerschicht sich verästeln und eigenthümliche ästige Anschwellungen im Verlaufe und an den Endigungen tragen (Fig. 530 *f*).

2. Die Kletterfasern oder Kletterplexus von *Ramón* mit sonderbaren, in der Molekularlage gelegenen fasernähnlichen Plexus (Fig. 530 *k*) und

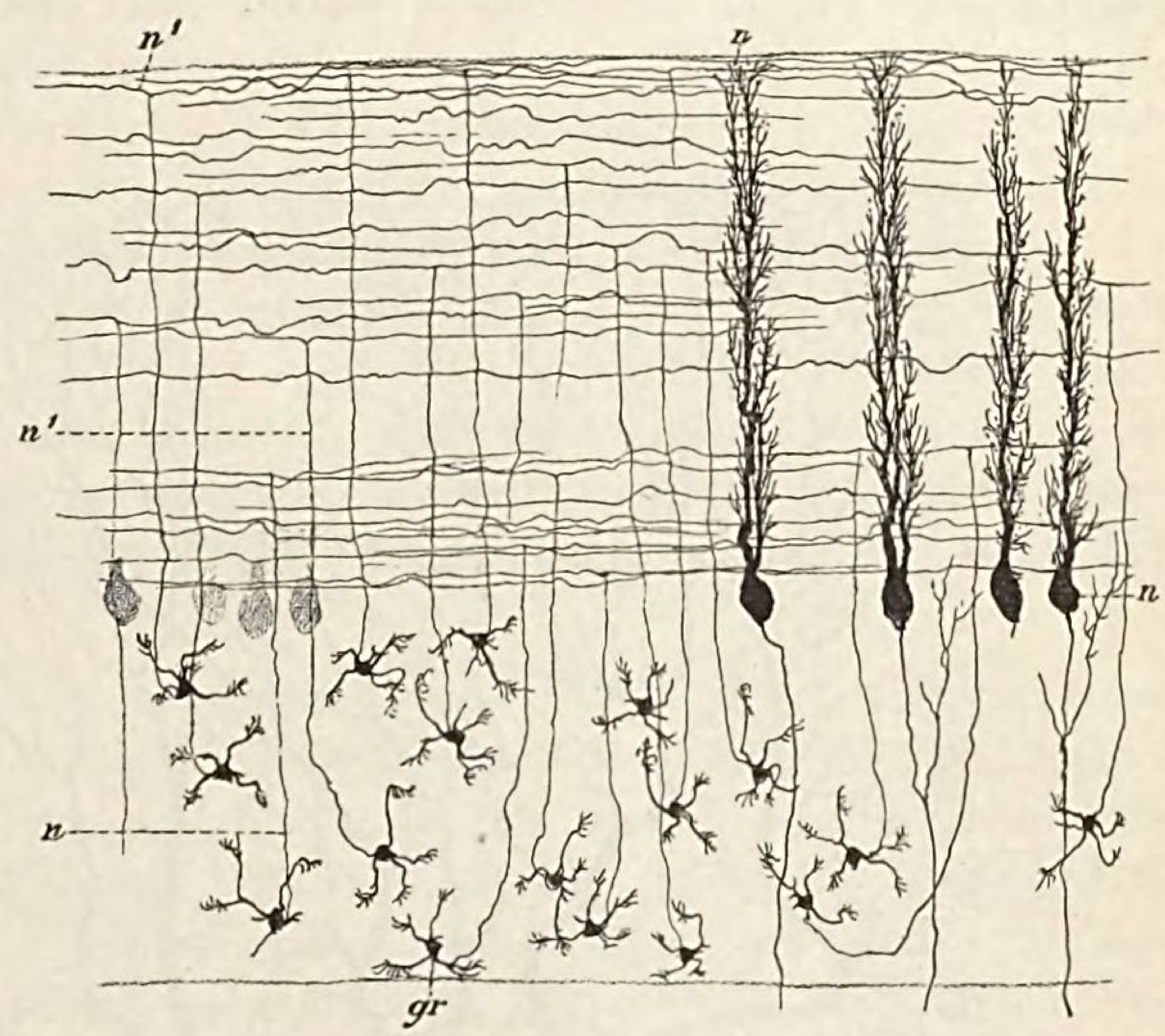


Fig. 531.

3. in der Molekularschicht endende einfache, verästelte Fasern ohne Anschwellungen (Fig. 546).

§ 149.

Cerebellum; feinerer Bau; Nervenzellen. Bezüglich auf den feineren Bau kommt vor allem die graue Rinde des Organes in Betracht, die in ihren Elementen sehr verwickelte Verhältnisse darbietet, ausserdem der gezackte Kern im Innern und die kleineren Ansammlungen grauer Substanz. Wir betrachten zuerst die Nervenzellen der Rinde und dann die Nervenfasern.

A. Zellen der Molekularlage.

I. *Purkinje*'sche Zellen. Diese Zellen von 35—70 μ, meist 60 μ längstem Durchmesser und im Allgemeinen birn- oder keulenförmiger Gestalt

Fig. 531. Längsschnitt der grauen Substanz einer Kleinhirnwindung. Schema. *gr* Granula; *n* nervöse Fortsätze derselben; *n'* Theilungen derselben in der Molekularlage und Uebergang in je zwei longitudinale feine Fasern derselben; *p* *Purkinje*'sche Zellen.

liegen mit ihrem Körper in der Grenzgegend der Molekularlage und der Körnerschicht, jedoch so, dass sie mehr der ersteren angehören; und zwar stehen dieselben meist in einfacher Reihe, dichter auf den Kuppen der Windungen, spärlicher in der Gegend der Furchen. Am ersteren Orte sind die Zellen birnförmig, senkrecht gestellt und mit dem spitzen Ende nach aussen gerichtet, während in den Furchen nicht selten mehr weniger spindelförmige, liegende solche Elemente oder schiefgestellte keulenförmige Zellen gefunden werden. Die Substanz der *Purkinje*'schen Zellen ist blass und feinkörnig, und zeigt ohne Ausnahme einen runden bläschenförmigen Kern von 11—15 μ mit einem Nucleolus von 3 bis 4 μ.

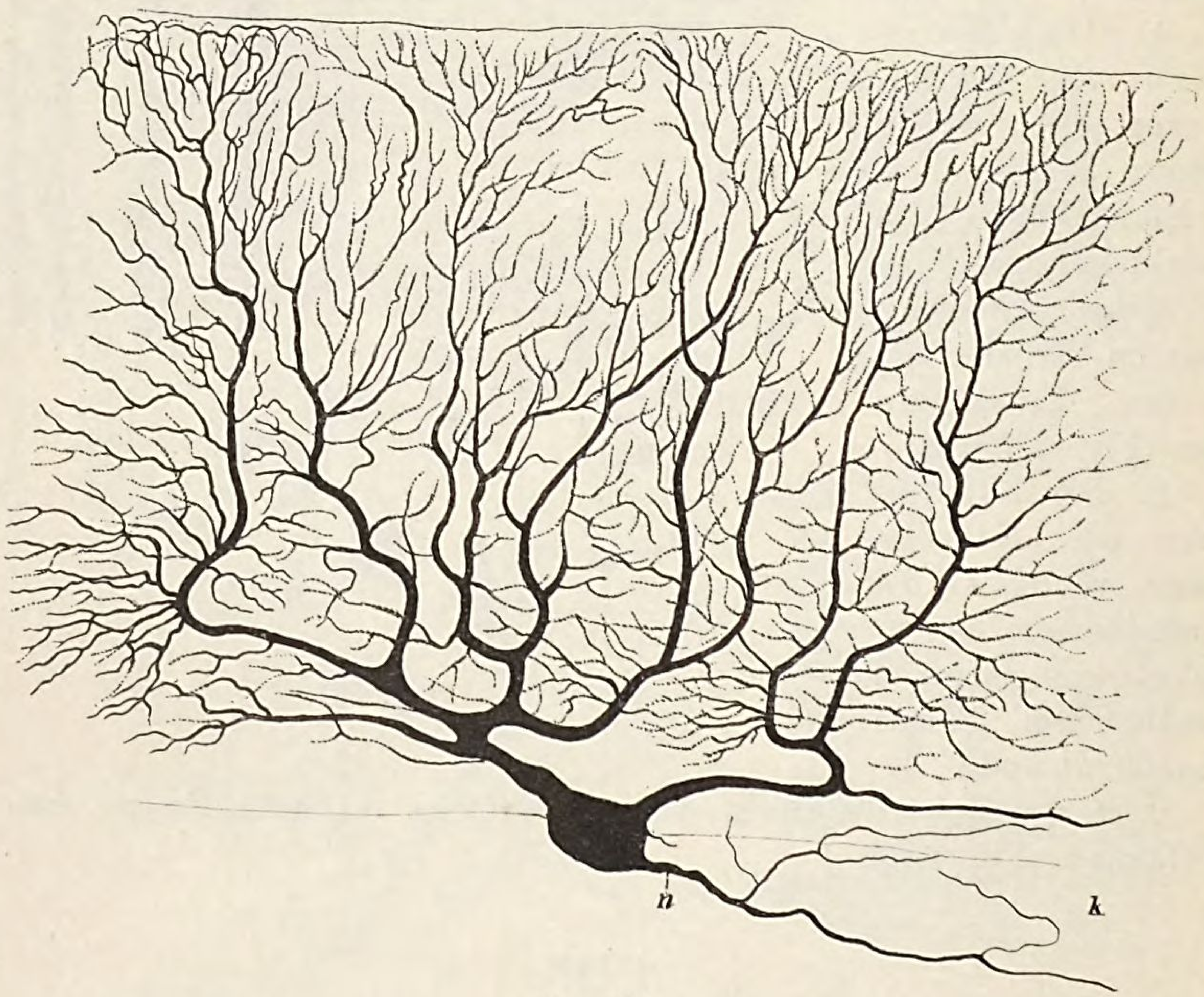


Fig. 532.

Die *Purkinje*'schen Zellen (Fig. 532) besitzen ohne Ausnahme zweierlei Fortsätze, einmal nach der Oberfläche der Windungen dringende Protoplasmafortsätze und zweitens in die granulirte Lage eintretende Achsencylinderfortsätze. Die Protoplasmafortsätze, von deren ungemein reicher Verästelung wir erst durch die Beobachtungen und Methoden von *Golgi* eine richtige Anschauung erhielten, gehen meist zu einem bis zweien von dem spitzen Ende der Zellen ab und verhalten sich im Allgemeinen so, dass die Hauptstämme erst horizontal oder schwach schief aufsteigend verlaufen. Von diesen gehen dann unter meist

Fig. 532. *Purkinje*'sche Zelle aus dem Kleinhirn des Menschen; *n* Neuraxon; *k* Collateralen desselben (*Golgi*, starke Vergr.).

rechten Winkeln senkrecht nach aussen dringende radiäre Zweige ab oder es theilt sich auch wohl ein kurzer gerader Hauptstamm nochmals in zwei horizontale Stämme, bevor er die radiären Zweige entsendet. Diese ziehen dann unter meist spitzwinkligen Theilungen bis zur äussersten Oberfläche der Molekularlage und geben auf diesem Wege unter stumpfen, rechten und spitzen Winkeln ungemein zahlreiche Nebenzweigelchen ab, so dass schliesslich ein reicher Baum entsteht, dessen Ausläufer in der gesammten Dicke der Molekularlage sich finden. Weiter ist diesem Baume eigenthümlich, dass dessen Aeste so zu sagen, wie *Stieda* zuerst nachwies, in einer einzigen Ebene sich ausbreiten und somit Blätter bilden und dass diese Blätter ausnahmslos in der Querrichtung der Windungen stehen. Später haben *Obersteiner, Henle, Denissenko, Kahler* und vor allem *Ramón y Cajal* diese Angaben bestätigt, welcher letzte Autor auch die ersten guten Abbildungen longitudinaler und tangentialer Schnitte der betreffenden Zellen gab. An Schnitten der letztgenannten Art ergiebt sich der Verbreitungsbezirk der Ausläufer einer Zelle als 0,7—0,8 mm breit. Ueber die Stellung der Körper der *Purkinje*'schen Zellen geben tiefe tangentiale Schnitte gute Auskunft, und lehren, dass dieselben in der Längsrichtung der Windungen etwas näher beisammenstehen als in der Querrichtung und nicht in regelmässigen Reihen angeordnet sind (s. *Henle* Anat. III, Figur 161).

Die Stämme der Protoplasmafortsätze, von 15—18 μ die dicksten, sind meist feinstreifig und behalten diese Beschaffenheit eine Zeit lang bei. Später werden dieselben mehr homogen und bleiben so bis zu den letzten Enden, die eine kaum mehr messbare Feinheit erreichen. Solche Enden in Form feiner Spitzen, an denen ich im Gegensatze zu *Golgi* keine Beziehungen zu den Blutgefässen, noch zu Gliazellen wahrzunehmen im Stande war, finden sich einmal an der äussersten Oberfläche der Molekularlage und dann allerwärts im Innern dieser Substanz und muss besonders hervorgehoben werden, dass es auch bei der sorgfältigsten Prüfung nicht gelingt, irgendwo Anastomosen dieser Ausläufer zu beobachten (*Golgi, Ramón, ich, van Gehuchten*).

An nach *Golgi* versilberten Objekten erscheinen die Protoplasmafortsätze an ihrer Oberfläche sehr häufig mit feinen Spitzchen mehr weniger dicht besetzt, andere Male aber auch glatt. In anderer Weise isolirte solche Fortsätze besitzen meist eine glatte Oberfläche, doch habe ich vor vielen Jahren schon im Verlaufe der grössten Aeste an solchen Präparaten einzelne ganz kurze Zacken oder Spitzchen gefunden, die denselben das Aussehen eines Dornenstockes gaben (Mikr. Anat. II, 1 S. 450), woraus ersichtlich ist, dass möglicherweise ein Theil dessen, was *Golgi*'sche Präparate zeigen, nicht zufällig ist.

Die Achsencylinderfortsätze der *Purkinje*'schen Zellen, schon vor Jahren von mir abgebildet (Fig. 135 der Mikr. Anat. II, 1) und von *Deiters* und *Koschewnikoff* bestimmt als solche beschrieben, wurden in ihrem genaueren Verhalten ebenfalls erst durch *Golgi* bekannt und wies derselbe nach, dass dieselben ohne Ausnahme in ihrem Verlaufe durch die Körnerlage eine namhafte Zahl feiner seitlicher Ausläufer besitzen, welche sich mehrmals verästeln und zum Theil in die Molekularlage zurücklaufen (Org. centrali Tav. VIa, VIIa, IXa, XIa). Diese letzteren Aeste sind nach den bei jungen Geschöpfen

angestellten Untersuchungen *Ramón y Cajal's* sehr reich verästelt (Internation. Monatsschr. Bd. VII. S. 447 u. flgd. Fig. 1, 3, 4) und finden sich in dieser Form auch bei erwachsenen Thieren. Die schönsten Abbildungen dieser Collateralen der *Purkinje*'schen Zellen bei jungen Geschöpfen hat vor kurzem *Retzius* in seinen Biologischen Untersuchungen Bd. III Tab. VIII gegeben, und auch *ich* habe recht zierliche Bilder der Art erhalten, wie die Fig. 533

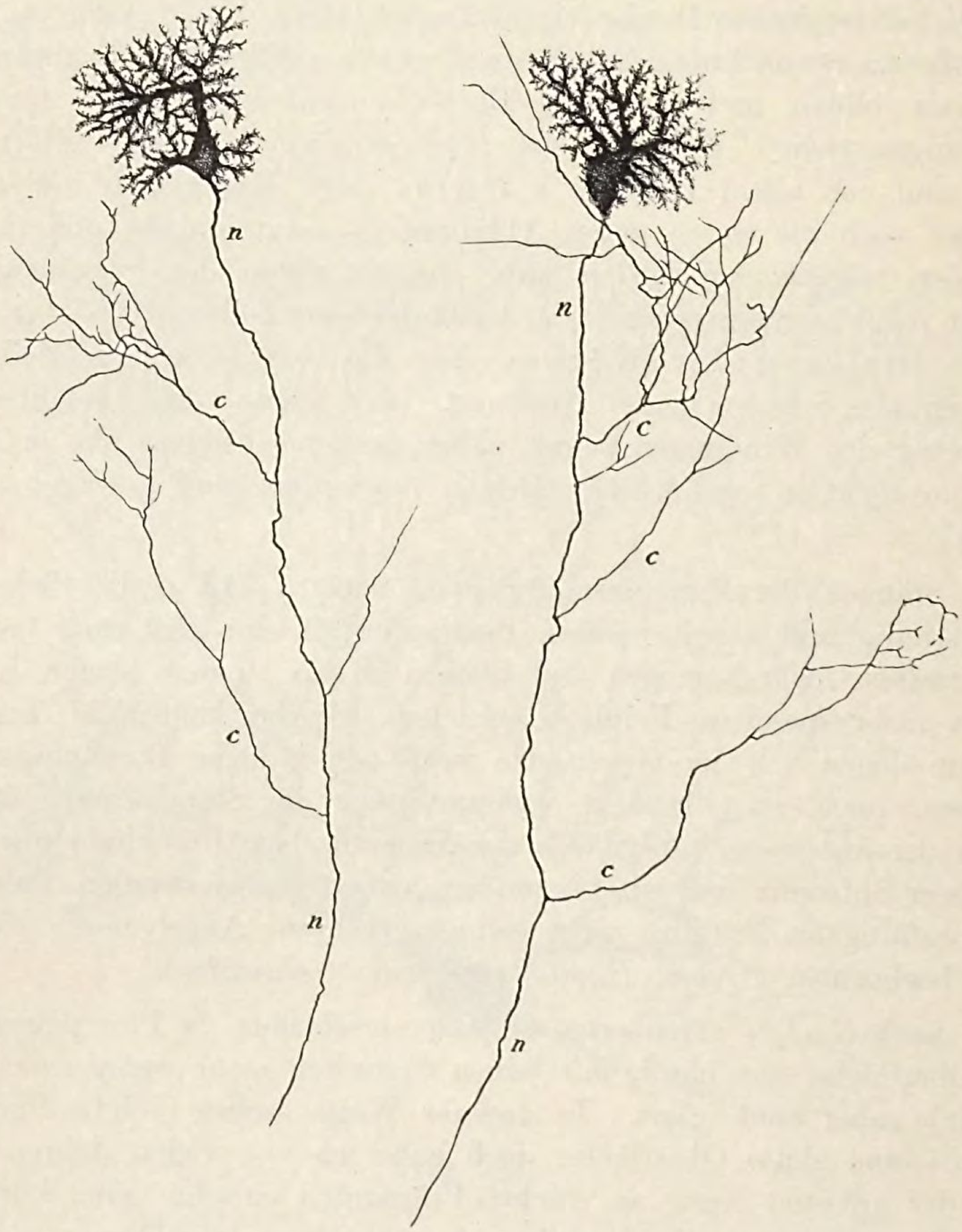


Fig. 533.

lehrt. Der Uebergang der Achsencylinderfortsätze der *Purkinje*'schen Zellen in markhaltige Fasern ist wie *Ramón y Cajal* mit Recht bemerkt, bisher mehr vermuthet, als wirklich beobachtet worden und ist wohl dieser Autor der erste, der denselben bei jungen Säugern wirklich gesehen hat und zwar an mit Osmium behandelten Objekten (Internat. Monatsschr. VI, No. XIX Fig. 8).

Fig. 533. Zwei noch unentwickelte *Purkinje*'sche Zellen der neugeborenen Katze mit den nervösen Fortsätzen und 3—4 rückläufigen Collateralen *ccc*. Starke Vergr. (Nr. 39 a b). Methode von *Golgi*.

An nach *Pal* behandelten Präparaten von jungen Säugern will *Ramón y Cajal* an diesen Fasern auch eine bis zwei *Ranvier*'sche Einschnürungen in der Nähe der *Purkinje*'schen Zellen gesehen und selbst Kerne zwischen denselben wahrgenommen haben (Rivista Trimestrial 1889 Taf. XII Fig. 4), in welcher Beziehung ich auf das im § 117 Bemerkte verweise. Von Verästelungen der betreffenden markhaltigen Fasern zeigen solche Präparate nichts, immerhin wäre es denkbar, dass solche vorkommen und nur aus dem Grunde nicht zu erkennen sind, weil sie ebenso wie die markhaltigen Aeste der nervösen Fortsätze der Pyramidenzellen des Grosshirns nach *Flechsig* (s. § 117) von den marklosen Einschnürungsstellen abgehen.

An den *Purkinje*'schen Zellen von Embryonen lässt sich, wie *Ramón* zuerst gelehrt hat und wie *ich* mit *v. Gehuchten* und *Retzius* bestätigen kann, sehr bestimmt nachweisen, dass an den Nervenzellen erst der Achsencylinderfortsatz und dann in zweiter Linie die Dendriten entstehen. Den in der Fig. 533 abgebildeten jungen Formen, die jedoch schon die typische Gestalt der fertigen Zellen durchblicken lassen, gehen sehr unregelmässige klumpige Körper voraus, von denen die einfachsten einen ovalen mit kurzen Spitzchen besetzten Körper darstellen, etwa wie einen Morgenstern, der aber doch schon einen langen nervösen Fortsatz besitzt.

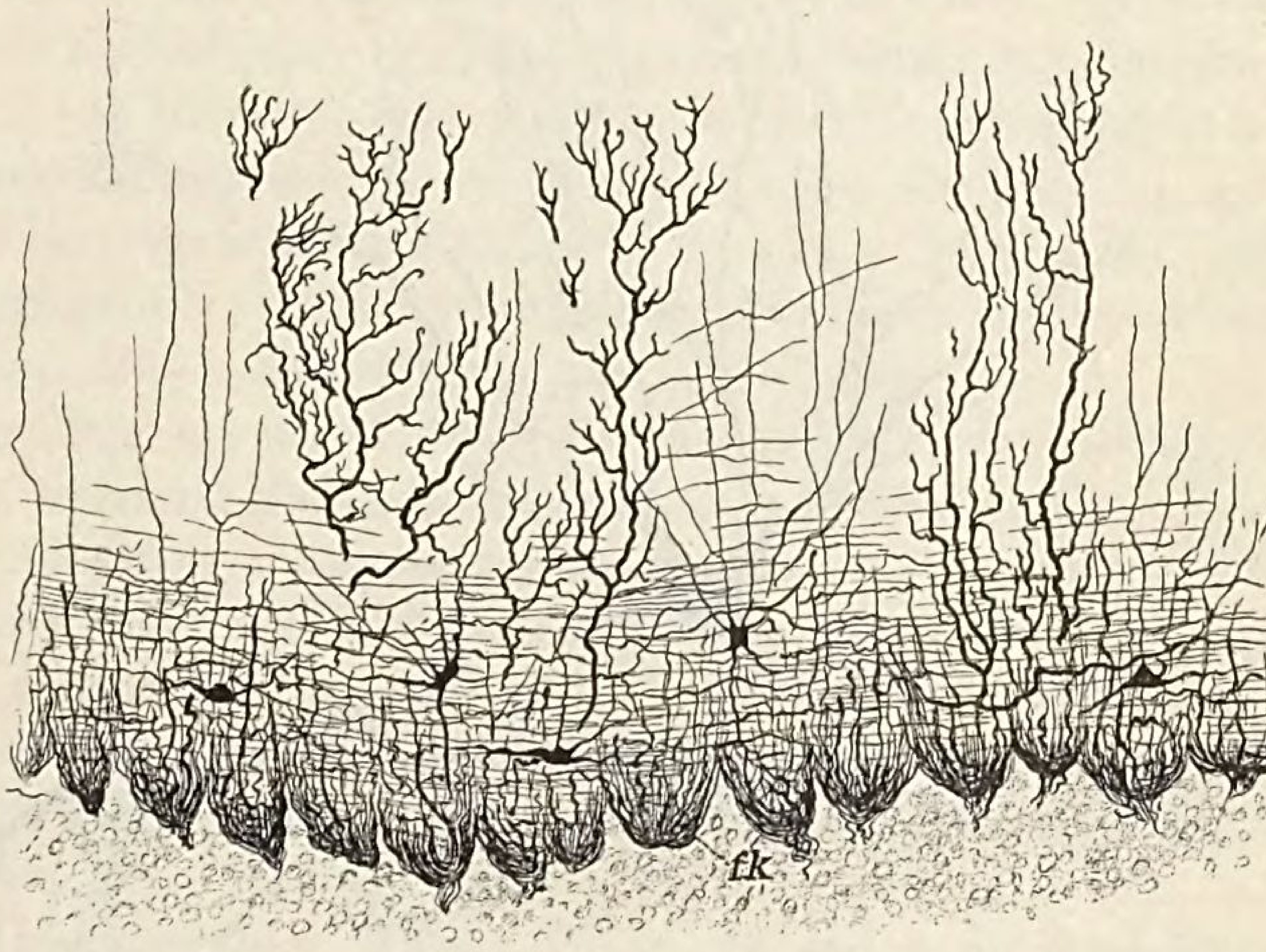


Fig. 534.

II. Kleine Rindenzellen, Korbzellen. In der Molekularlage des Cerebellum finden sich ferner fast durch die ganze Dicke derselben zerstreut in geringen Abständen kleinere Nervenzellen, die in zwei Abtheilungen, grössere und kleinere, zerfallen, von denen die ersteren im Allgemeinen die innere, tiefere, die anderen die äussere Hälfte der betreffenden Schicht einnehmen. Während diese letzteren den gewöhnlichen Bau multipolarer Nervenzellen besitzen (Fig. 530 *m*), zeigen die anderen ein sehr auffallendes Verhalten des nervösen Fortsatzes, der wie *Golgi* und *Ramón y Cajal* entdeckten, in den Querebenen der Windungen trans-

Fig. 534. Aus einem Querschnitte des Cerebellum der Katze. Giebt den Eindruck wieder, den die Faserkörbe der *Purkinje*'schen Zellen und die transversalen Fasern der Korbzellen, von denen fünf sichtbar sind, bei einem dickeren Schnitte und bei geringerer Vergrösserung machen. Einige Dendriten der *Purkinje*'schen Zellen sind gefärbt, die Zellen nicht *(Golgi)*.

versal verlaufend in einer gewissen Entfernung der Grenzlinie zwischen Molekular- und granulirter Schicht folgt, jedoch diesseits der Körper der *Purkinje*-schen Zellen, d. h. oberflächlicher als diese gelegen ist. Diese quere Faser nun giebt nach *Ramón y Cajal's* Fund unter rechten Winkeln Fortsätze nach innen ab, die mit zahlreichen Verästelungen die *Purkinje*'schen Zellenkörper korbartig umhüllen. In Fig. 535 ist eine solche Zelle von der Katze naturgetreu dargestellt. Die Körper der fraglichen Zellen messen 20—25 μ und sind meist in der Querrichtung der Windungen verlängert, auch wohl drei- bis fünf- und

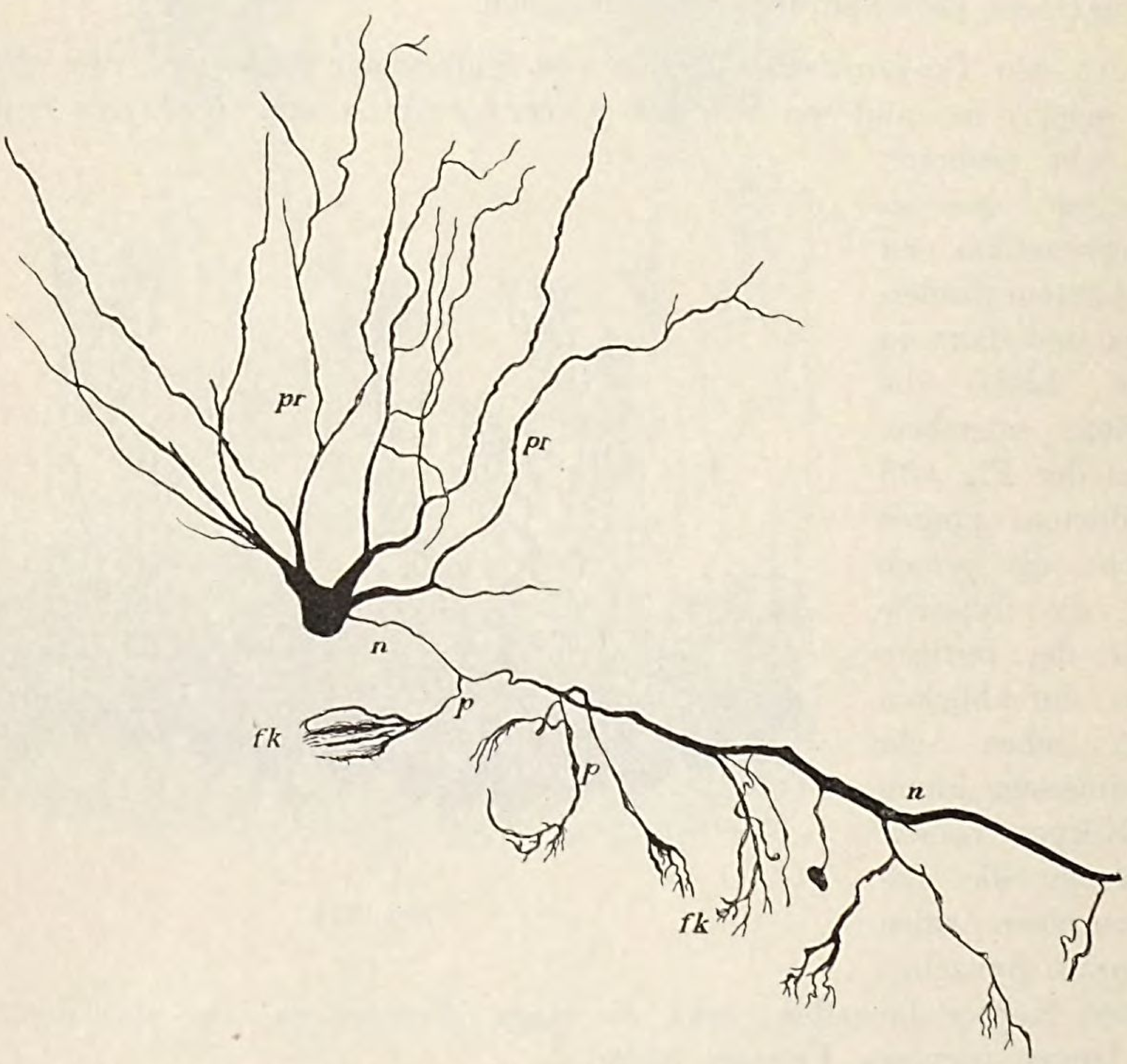


Fig. 535.

mehreckig mit querstehendem grösserem Durchmesser. Ausser dem nervösen Fortsatze *n* entsenden dieselben eine gewisse Zahl von Protoplasmafortsätzen, welche, meist nach aussen tretend, in gewöhnlicher Weise sich verästeln und fein auslaufend, z. Th. bis in die äussersten Lagen der Molekularschicht sich erstrecken.

Der sogenannte nervöse Fortsatz dieser Zellen ist eine sehr eigenthümliche Bildung. Fein am Zellenkörper beginnend, wird derselbe in seinem

Fig. 535. Eine Korbzelle von der Katze mit den nach der Oberfläche gehenden Dendriten und einem horizontalen nervösen Fortsatze, der lateralwärts sehr dick und mindestens 6 Antheile von Faserkörben abgiebt. Starke Vergr. *(Golgi)*.

horizontalen und transversalen Verlaufe bald um das Zwei- und Vierfache und mehr dicker, bis zu 2 μ und darüber und streicht in langem Verlaufe über den *Purkinje*'schen Zellenkörpern hin, um denselben von Stelle zu Stelle Aeste abzugeben, wie die Fig. 535 dies darstellt. Diese senkrechten absteigenden Aeste gehen bald mit einer starken, bald mit einer feinen Wurzel ab, zeigen anfangs häufig gröbere Verästelungen und enden schliesslich alle so, dass jeder Ast und jedes Aestchen in ein ganzes Büschel oder einen Pinsel von Endfasern *(fk)* sich umgestaltet, welche die *Purkinje*'schen Zellen korbartig umgeben und in ihrem genaueren Verhalten schwer zu enträthseln sind. Nach allem, was ein sorgfältiges Studium dieser „Faserkörbe" ergiebt, möchte ich glauben, dass die Zweigelchen derselben sich nicht unter einander verbinden, sondern frei enden. Ebenfalls nicht leicht zu ermitteln sind die Beziehungen der Faserkörbe zu den *Purkinje*'schen Zellen. Quer- und Längsschnitte scheinen zu lehren, dass die beiden Theile nur aneinanderliegen, so jedoch, dass die Körbe nicht immer genau nur die Zellenkörper umgeben, sondern häufig mit einzelnen Ausläufern noch weiter in die Körnerschicht eindringen und die Achsencylinderfortsätze der *Purkinje*'schen Zellen eine Strecke weit umhüllen, wie auch *Ramón y Cajal* dies sah. Sehr bemerkenswerth ist ferner *(Ramón y Cajal, ich)*, dass sehr oft pinselförmige, absteigende Ausläufer mehrerer Zellen oder mehrere Pinsel Einer Zelle an der Bildung Eines Faserkorbes sich betheiligen.

Ausser den absteigenden, an der Bildung der Faserkörbe sich betheiligenden Ausläufern geben die nervösen Fortsätze der fraglichen Zellen, die ich grosse Rindenzellen oder Korbzellen nennen will, wenn auch nicht häufig, doch hier und da nach der Oberfläche der Molekularschicht zu zartere Fortsätze ab, die wie gewöhnliche Protoplasmafortsätze sich verhalten (*Golgi*, Tab. XI; *Ramón y Cajal*, Intern. Monatsschr. Bd. VI Taf. XVIII Fig. 5a mit einem, Taf. XIX Fig. 6 mit drei, Fig. 9 mit fünf solchen Ausläufern, *Kölliker*, Kleinhirn Fig. 9 mit einem solchen Aestchen *p''*).

Querschnitte der Windungen des kleinen Hirns, an denen die Faserkörbe durch Silber gut gefärbt, die *Purkinje*'schen Zellen dagegen nur unvollkommen ausgeprägt sind, ergeben, wenn dieselben nicht zu fein sind, eigenthümliche Bilder (Fig. 534). In der tieferen Hälfte der Molekularlage zieht sich über den *Purkinje*'schen Zellen ein Gewirr von quer- und senkrecht verlaufenden Fasern hin, untermengt mit einzelnen kleineren mehr querstehenden Zellenkörpern. Die queren Fasern liegen oberflächlicher und können sogar die Mitte der Molekularlage erreichen, während die senkrechten nach der Körnerschicht zu ausstrahlen, und bevor sie diese erreichen, zu eben so vielen Faserkörben zusammentreten, als *Purkinje*'sche Zellen da sind. Diese Faserkörbe bilden in der Grenzzone beider Lagen der grauen Substanz eine ununterbrochene Reihe von kegelförmigen Gebilden, deren Spitze gegen die Körnerlage gerichtet ist und deren Basis in die von den Querfasern ausgehenden absteigenden Fasern sich auflöst.

Die eben beschriebenen Korbzellen gehören den tieferen Gegenden der Molekularschicht an, ohne dass sich eine bestimmte Grenze angeben liesse, bis zu welcher sie gehen. Als Anhaltspunkt möge dienen, dass bei der Katze bei einer Dicke der Molekularschicht von 0,36—0,45 mm die oberflächlichsten quer verlaufenden nervösen Fortsätze der Korbzellen in einem Abstande von 0,14—0,18 mm von der Körnerschicht sich fanden. Die gleiche Länge be-

sassen somit auch die absteigenden Pinsel dieser Fasern, während die kürzesten Faserpinsel nicht mehr als 0,054 mm betrugen. Die Zahl der queren Abschnitte der nervösen Fortsätze der Korbzellen ist in dünnen Querschnitten sehr wechselnd. In einigen Gegenden finden sich nur zwei oder drei, in anderen fünf, sechs und mehr und ebenso ist auch die Menge der Korbzellen sehr verschieden. Jedenfalls richtet sich die Menge dieser Elemente nach der Zahl der *Purkinje*'schen Zellen und ist daher spärlicher, wo diese weiter von einander abstehen, wie im Grunde der Furchen. Ausserdem mögen auch noch andere Verschiedenheiten vorkommen namentlich in der Zahl der Pinsel und der Länge der nervösen Fortsätze. Diese letztere ist jedenfalls sehr bedeutend, wie auch die Abbildungen von *Golgi* und *Ramón y Cajal* lehren und mass ich solche von 0,6 mm. Da man jedoch nie einen solchen Fortsatz vom Anfange bis zum Ende zu verfolgen im Stande ist, so ist auch vorläufig die wirkliche Länge derselben nicht zu bestimmen. Wirkliche Enden der queren nervösen Fortsätze sieht man übrigens häufig genug und stellen dieselben einfach einen endständigen Pinsel dar.

Beim Menschen messen die Korbzellen 11—20 μ, die Molekularlage 0,15—0,40 mm und der Theil dieser Schicht, in welchem quere Fasern sich finden 0,12—0,22 mm. Dieselbe Länge haben somit auch die längsten Faserpinsel, während die kürzesten 0,07—0,08 mm betragen. Die Länge der queren Fasern, die in der Regel feiner sind, als bei der Katze, scheint hier grösser zu sein, wenigstens fand ich hier Fasern von 0,95 mm Länge, ohne behaupten zu können, dass dieselben in ihrer ganzen Ausdehnung erhalten waren.

Neben diesen merkwürdigen Korbzellen enthält die Molekularschicht des Cerebellum noch eine grosse Anzahl kleiner Nervenzellen, die ich kleine Rindenzellen heisse (Fig. 530 *m*). Zu denselben zählen im Allgemeinen die Zellen der äusseren Hälfte dieser Lage und wie es scheint auch einzelne mehr in der Tiefe befindliche, die alle wie multipolare Zellen sich verhalten. Ein nervöser Fortsatz scheint an allen diesen Zellen vorhanden zu sein, doch kommt derselbe nicht leicht zur Anschauung, und ist selten in grösserer Länge erhalten, daher ich, wie *Golgi* und *Ramón y Cajal*, nichts Näheres über denselben zu berichten weiss. Diese kleinen Zellen, die Korbzellen, die queren Fasern und die Faserkörbe färben sich bei Säugern und beim Menschen leicht, dagegen gelingt der genauere Nachweis der nervösen Fortsätze der Korbzellen und ihres Verhaltens nur an glücklichen feinen Schnitten.

B. Zellen der granulirten Lage oder der rostfarbenen Substanz.

In dieser Lage finden sich zweierlei Nervenzellen und zwar erstens die kleinen Körnerzellen und zweitens grosse multipolare Zellen mit reichverzweigtem nervösem Fortsatze.

I. Die kleinen Körnerzellen sind sehr eigenthümliche Elemente, wie solche sonst nirgends vorkommen. Nachdem man früher lange für und wider ihre nervöse Natur gestritten hatte, ohne eine sichere Entscheidung zu finden, gelang es endlich *Golgi* an versilberten Präparaten dieselben als multipolare kleine Zellen mit kurzen Protoplasmafortsätzen und je einem feinen nervösen Ausläufer zu erkennen (Tav. X). Doch wurde auch diesem bahnbrechenden Forscher das endliche genaue Verhalten der beiderlei Fortsätze nicht klar und ist es das grosse Verdienst von *Ramón y Cajal* das Richtige gefunden, und

das ganz merkwürdige Verhalten dieser Elemente aufgedeckt zu haben. *Ramón y Cajal's* Beobachtungen wurden dann sofort von mir und später auch von *van Gehuchten* voll bestätigt.

Die kleinen Körnerzellen sind 5—10 μ, im Mittel 7 μ grosse Zellen von rundlich-eckiger Gestalt mit grossem Zellenkerne, der oft einen Nucleolus zeigt, und sehr dünnem unscheinbarem Protoplasmamantel, die in dichten Haufen die rostfarbene Lage einnehmen und sozusagen allein die Maschen des hier vorhandenen Nervenfaserplexus erfüllen. Jede Zelle giebt 3—5, selbst 6 Protoplasmafortsätze ab, die bei der Katze 10—40 μ, beim Menschen nach mir bis zu 60 und 76 μ Länge besitzen, und zeigt ausserdem auch einen nervösen Fortsatz, der in der Regel von einem Protoplasmafortsatze oft weit vom Zellenkörper entfernt entspringt, in selteneren Fällen von diesem selbst abgeht.

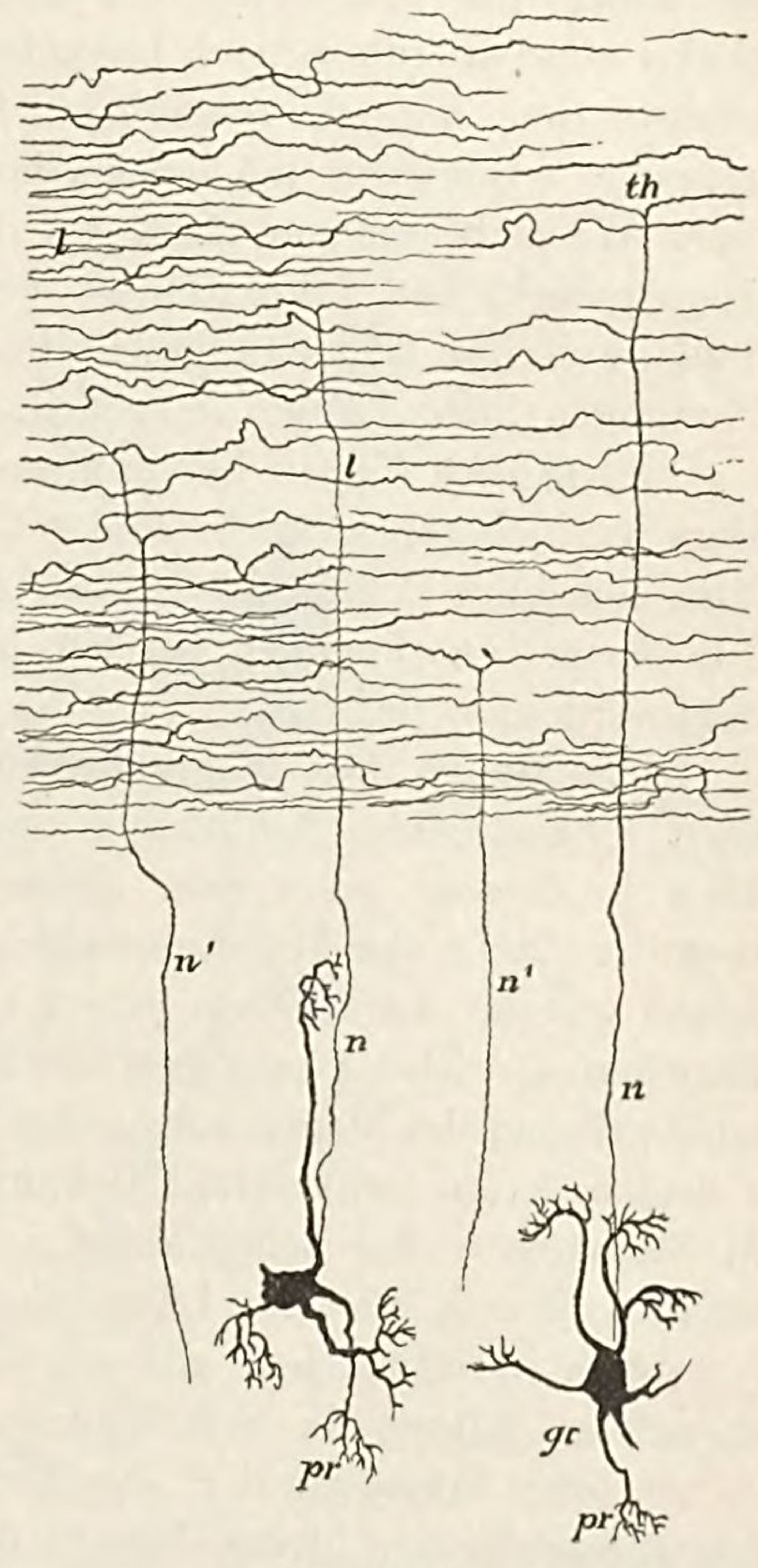


Fig. 536.

Die Protoplasmafortsätze (Fig. 536) sind zum Theil relativ dicke Fasern, die in der Regel erst an ihrem Ende sich verästeln und hier kurze Endbüschel bilden, deren Aestchen oft so dicht beisammen liegen, dass sie einzeln sich nicht verfolgen lassen. Andere Male erkennt man, dass dieselben wie kleine, einfache oder doppelte sternförmige Figuren darstellen, oder zierliche nach allen Seiten verzweigte kurze Bäumchen, oder endlich auch wie ringförmige hohle Bildungen, die, wie *Ramón y Cajal* meldet, andere Körner umfassen. Im Allgemeinen zeigen diese Fortsätze keine besondere Richtung in ihrem Verlaufe mit Ausnahme derer, die an die weisse Substanz angrenzen, deren Aeste zum Theil parallel den Grenzlinien derselben, zum Theil nach auswärts ziehen.

Die nervösen Fortsätze der Körnerzellen (Fig. 536 *n*) sind ausnahmslos auch an ihrer Abgangsstelle fein und dringen als solche in geschlängeltem Verlaufe gerade oder auf leichten Umwegen nach aussen in die molekulare Lage, um in dieser senkrecht aufzusteigen. An geeigneten Präparaten ist es nun nicht

Fig. 536. Zwei Körnerzellen *gr* der rostfarbenen Lage des Cerebellum der Katze, senkrechter Longitudinalschnitt. *n* Nervöser Fortsatz; *pr* Dendriten; *th* Theilungen der nervösen Fortsätze in der Molekularschicht und Uebergang derselben in je zwei longitudinale Fäserchen *l*; n^1 nervöse Zellenfortsätze, deren Zellen nicht sichtbar sind (*Golgi*, starke Vergrösserung).

schwer nachzuweisen, dass dieselben hier zu longitudinalen Elementen sich gestalten, nachdem sie vorher je in zwei Aestchen sich getheilt haben, von denen jedes mit dem Stämmchen einen rechten Winkel bildet. Ebenso erkennt man an vielen Orten, dass diese longitudinalen Fäserchen da und dort scheinbar frei enden und hier und da gelingt es auch eine Fibrille der Art von der Theilungsstelle an weit bis zu ihrem scheinbaren Ende zu verfolgen, und ihre Länge zu bestimmen, welche *Ramón y Cajal* zu 0,8—1,0 mm angiebt und die ich bei der Katze für den einen der Theilungsäste auf 0,20—0,62 mm bestimmte. Hierbei muss allerdings noch besonders betont werden, wie dies auch der spanische Gelehrte thut, dass die scheinbaren freien Enden, die immer unverästelt und fein zugespitzt erscheinen, möglicherweise doch keine solchen sind, indem sich in keiner Weise bestimmen lässt, ob das Silber diese Fäserchen in ihrer ganzen Länge gefärbt hat. An dünnen Schnitten erscheinen diese Elemente auch oft kürzer, weil ihre Enden abgeschnitten sind und darf man an solchen keine Bestimmungen ihrer Länge versuchen.

Ramón y Cajal beschreibt und zeichnet die longitudinalen Fäserchen beim Meerschweinchen als varicös und schwach geschlängelt; ich habe dieselben bei der Katze nur ohne Varicositäten und etwas stärker geschlängelt gesehen, während *v. Gehuchten* dieselben bei der Maus fast ganz gerade, aber ebenfalls ohne Anschwellungen darstellt.

Die Menge der longitudinalen Fäserchen ist eine ungemein grosse und zeigen longitudinale, senkrechte und tangentiale Schnitte von Windungen dieselben in Gestalt einer sehr dichten und feinen Streifung von Fäserchen, die die ganze Dicke der Molekularschicht bis in ihre äussersten Lagen durchsetzen. Ebenso genaue Aufschlüsse geben Querschnitte der Windungen, an denen diese Fäserchen als feine Pünktchen oder Strichelchen sich darstellen, die alle Zwischenräume zwischen den Verästelungen der *Purkinje*'schen Zellen einnehmen (Fig. 530 *gr*). In beiden Arten senkrechter Schnitte kommen auch die senkrecht aufsteigenden Stämmchen der longitudinalen Fäserchen zum Vorschein, die Theilungen derselben jedoch nur an Längsschnitten. Ausserdem beachte man noch, dass die genannten Stämmchen alle ungefähr dieselbe Länge besitzen, indem diejenigen der tiefsten Körner in den innersten Theilen der Molekularlage sich spalten, die nervösen Fortsätze der oberflächlichsten Körner dagegen in die äussersten Längsfäserchen der Molekularlage übergehen.

Ausnahmsweise kommen an diesem longitudinalen Fasersysteme noch besondere Verhältnisse vor. Als solche mache ich mit *Ramón y Cajal* namhaft 1. das sehr seltene Auftreten von Aestchen an den senkrechten Stammfasern innerhalb der Molekularlage, welche in longitudinale Fäserchen übergehen und 2. das Vorkommen von scheinbaren Stammfasern, die unter rechtem Winkel nur in Eine longitudinale Faser sich fortsetzen (*Ramón y Cajal*, Internat. Monatsschr. Bd. 6 Taf. XVII Fig. 3; *Kölliker* Fig. 4, *v. Gehuchten* Fig. 46). *Ramón y Cajal* denkt daran, dass eine solche Faser auch ein absteigendes Ende einer longitudinalen darstellen und — da er dieselbe nie mit einer Körnerzelle in Verbindung sah, wohl aber bis in die Nähe der weissen Substanz verfolgte — vielleicht in eine markhaltige Faser derselben übergehen könnte. Mir scheint jedoch gegen diese Möglichkeit vor allem das zu sprechen, dass solche rechtwinklig umbiegende Fasern auch an den besten Präparaten nur selten vorkommen, während dieselben, wenn die

von *Ramón y Cajal* angedeutete Möglichkeit begründet wäre, noch einmal so zahlreich sein müssten, als die nervösen Fortsätze der Körner. Ferner wäre in diesem Falle der Verlauf der nervösen Fortsätze ganz unbegreiflich.

Noch mache ich in Betreff der longitudinalen Fäserchen auf Folgendes aufmerksam. Am leichtesten färben sich dieselben in den innersten Theilen der Molekularschicht bis etwa zur Hälfte derselben, seltener in der ganzen Dicke dieser Lage. Ferner treten die Färbungen häufig nicht gleichmässig, sondern strichweise auf, so dass zwischen grösseren und kleineren Bündeln derselben Strecken vorkommen, in denen gar keine solchen Fäserchen gefärbt sind. Endlich beachte man, dass gewisse Schnitte diese Fäserchen als scheinbar senkrecht in der Molekularlage aufsteigende ergeben und zwar alle Querschnitte der Enden von Windungen.

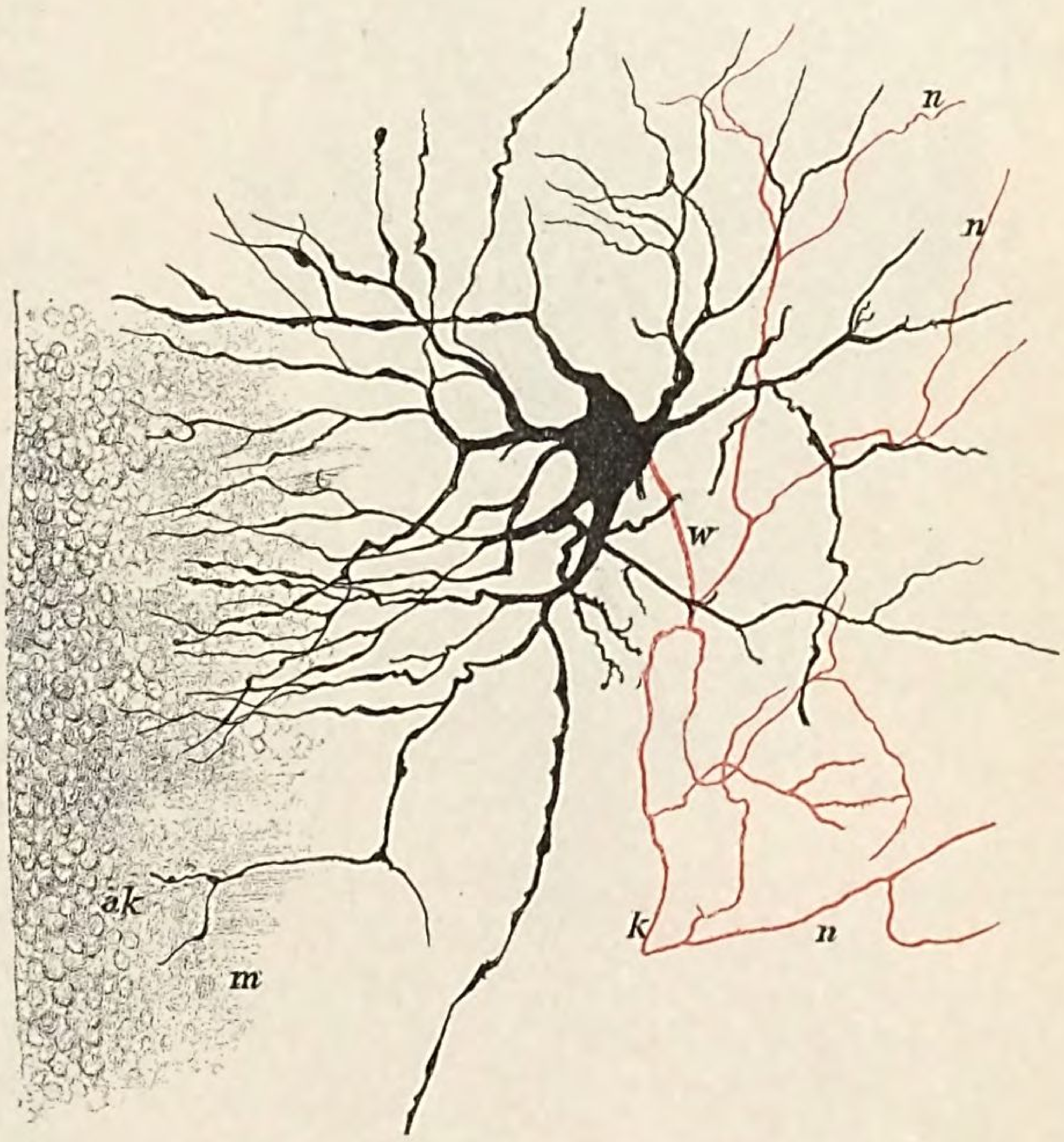


Fig. 537.

II. Grosse Zellen der Körnerschicht oder *Golgi*'sche Zellen (Fig. 537, 538, 539). Die rostfarbene Lage des kleinen Hirns enthält ausser den kleinen auch grössere multipolare Zellen, die ich nach ihrem Entdecker *Golgi* benenne und welche zu *Golgi*'s Zellen des II. Typus mit reich verzweigten nervösen Fortsätzen gehören. Diese Elemente, deren Verhalten von *Ramón y Cajal* (Internat. Monatsschr. VII Taf. I Fig. 2 *fg*), von *mir* (Fig. 3 *g*, 14), *v. Gehuchten* (Fig. 33, 34) und *Retzius* bestätigt wurde, finden sich meinen neueren Untersuchungen zufolge in einer solchen Menge in der Körnerschicht, dass sie mit den Verästelungen ihrer Axonen ein die gesammte Körnerlage durchziehendes zusammenhängendes Geflecht oder Gewirr von Fäserchen erzeugen. Meist erheblich kleiner als die *Purkinje*'schen Zellen, andere

Fig. 537. Grosse Körnerzelle aus dem Cerebellum eines 17 Tage alten Hundes. Nach einem Präparate von *Ramón*. Nervöser Fortsatz roth. Die Dendriten durchziehen die ganze Molekularlage *m* bis zu der nur an jungen Gehirnen vorhandenen äusseren Körnerlage *ak*. Der Zellenkörper, der nervöse Fortsatz *w*, *n*, *n* und einige Dendriten liegen in der eigentlichen Körnerlage *k*. Stärkere Vergr., (*Golgi*).

Male aber auch denselben nahekommend, liegen die *Golgi*'schen Zellen entweder an der äusseren Grenze der Körnerschicht, z. Th. fast in Einer Höhe mit den *Purkinje*'schen Zellen, z. Th. mitten in dieser Lage drin oder selbst an der inneren Grenze derselben gegen die Markblätter zu (*Golgi* Tab. V, X, XI; *Kölliker* Fig. 3, 15, 16). Von einem eckigen Zellenkörper gehen nach verschiedenen Seiten drei bis sechs und mehr verästelte Fortsätze aus, die theils zwischen den Körnern verlaufen, theils in die Molekularschicht hineinziehen und in derselben oft weit nach aussen zu verfolgen sind, ausserdem aber auch, wie ich einmal in den tieferen Theilen des Cerebellum wahrnahm, in die weisse Substanz eindringen können (Fig. 539).

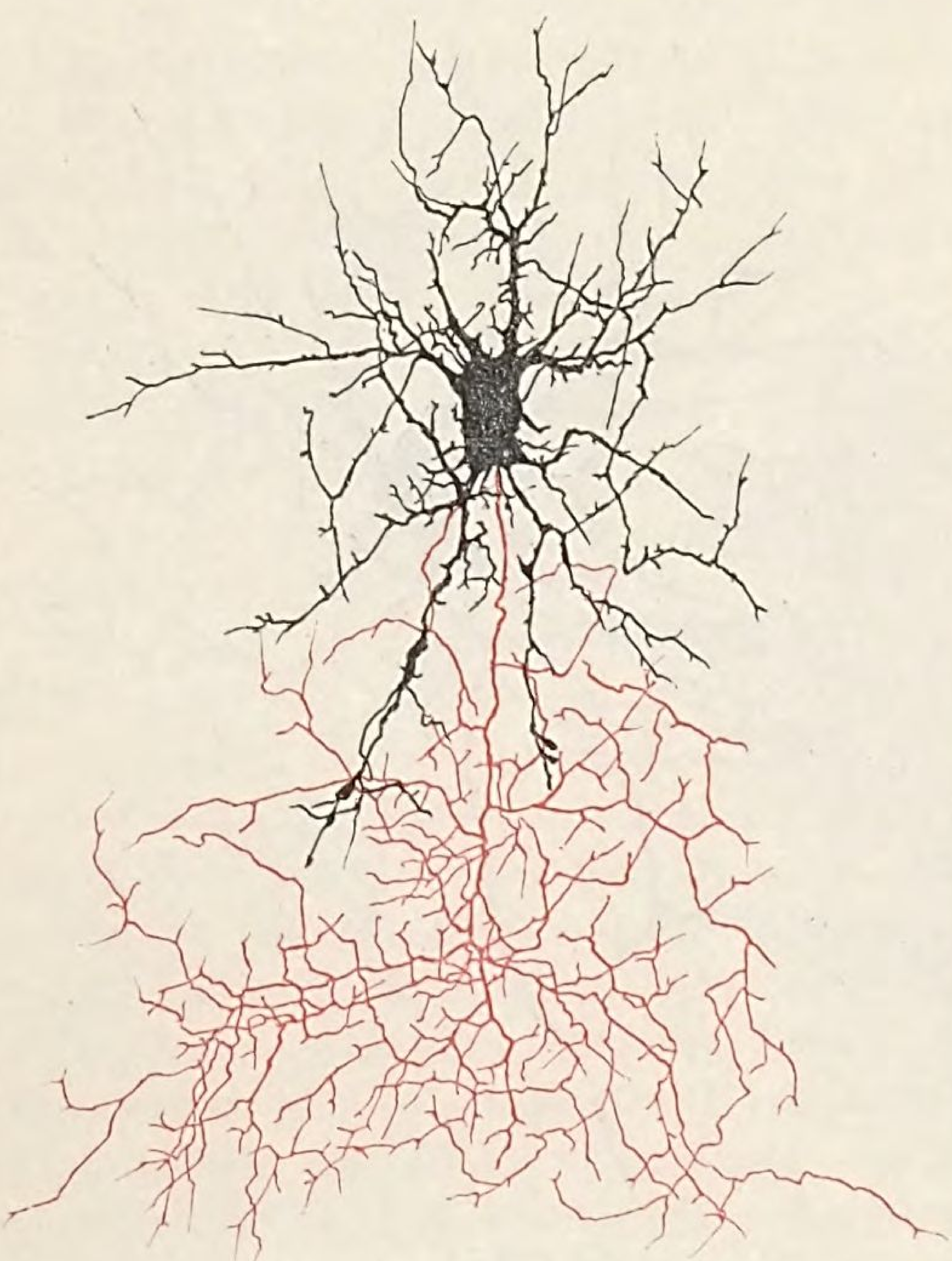


Fig. 538.

Die nervösen Fortsätze dieser Zellen gehen theils direkt vom Zellenkörper (*Golgi, Ramón y Cajal, ich*), theils (*v. Gehuchten*) von einem Protoplasmafortsatze ab und verbreiten sich mit ihren ungemein reich verzweigten Enden durch die ganze Dicke der granulirten Lage und in der Längsrichtung der Windungen oft doppelt so weit, um schliesslich mit denselben frei und ohne Anastomosenbildung auszugehen. Bei der ungemein reichen Entfaltung der nervösen Ausläufer dieser *Golgi*'schen Zellen des II. Typus ist natürlich die Zahl der Zellenkörper dieser Elemente eher eine spärliche, namentlich wenn man dieselbe mit derjenigen der kleinen Körnerzellen und der *Purkinje*'schen Zellen in Vergleichung stellt.

Ausser diesen Zellen unterscheidet *Golgi* noch vereinzelt und spärlich vorkommende spindelförmige multipolare Zellen der Körnerschicht von 20 μ Dicke (Tav. IX und XI) mit ebenfalls reich verzweigtem nervösem Fortsatze.

C. Nervenzellen im Innern der Markmasse des kleinen Gehirns.

Der *Nucleus dentatus cerebelli* besitzt im Wesentlichen den Bau des gezackten Olivenkernes. Das grauröthliche gefaltete Blatt desselben besitzt eine Dicke von 0,3 — 0,5 mm und besteht wesentlich aus Nervenfasern und aus Nervenzellen. Die letzteren sind gelblich gefärbt, von mittlerer Grösse

Fig. 538. Grosse Zelle der Körnerschicht des Cerebellum der Katze mit roth dargestelltem nervösem Fortsatze. Starke Vergr. Methode von *Golgi*.

(18—36 μ) mit zwei bis fünf reichverästelten Protoplasmafortsätzen und einem Achsencylinderfortsatze, der sich nie auf grössere Strecken verfolgen liess (Fig. 540). Dieselben stehen in dem grauen Blatte des gezackten Kernes ohne Regelmässigkeit in den äusseren, mittleren und inneren Lagen und nicht besonders dicht, sodass etwa 6 — 10 Zellen auf die gesammte Breite des Kernblattes kommen. An versilberten Präparaten von jungen Geschöpfen ergiebt sich ferner in Betreff des Verhaltens der Nervenfasern dasselbe, was von der grossen Olive bereits erwähnt wurde, dass nämlich ausser den mehr oberflächlich gelegenen Achsencylindern der Nervenzellen noch besondere feine Binnenfasern vorkommen, die mit feinsten Verästelungen um die Zellen herum enden.

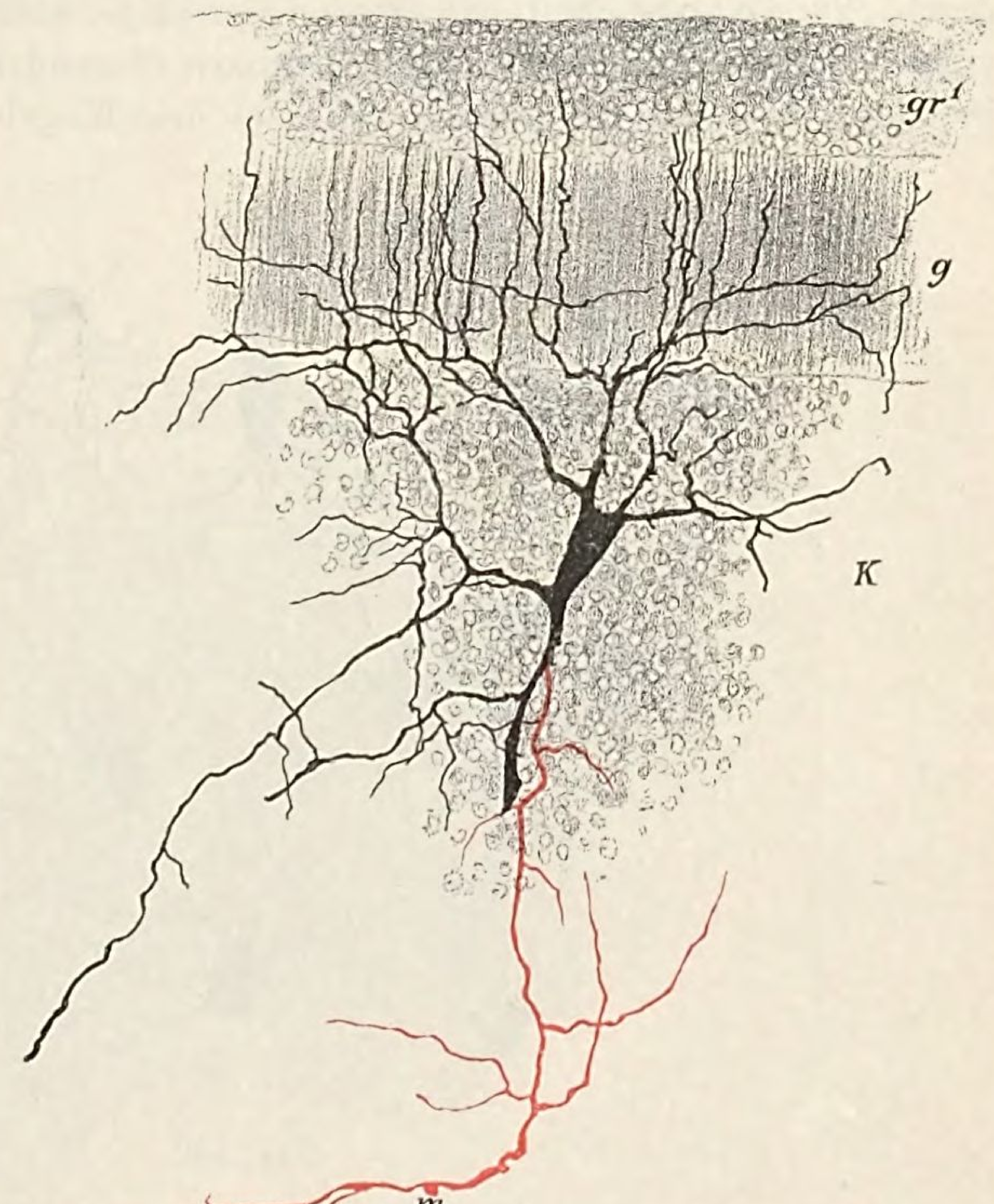


Fig. 539.

Von den kleinen Kernen stimmt der Pfropfkern im Wesentlichen mit dem *Nucleus dentatus* überein, wogegen der Dachkern durch 45—67 μ grosse Nervenzellen sich auszeichnet, die schon in meiner Mikr. Anatomie als pigmentirte Zellen der von mir als *Substantia ferruginea superior* benannten Lage im Dache des vierten Ventrikels beschrieben wurden. Diese Zellen sind, wie ich jetzt aussagen kann, alle multipolar, fast alle intensiv und feinkörnig pigmentirt mit grossem Kerne und Nucleolus. Meist liegen dieselben in gewissen Abständen, seltener 2, 3—4 näher beisammen und breiten sich mit ihren mässig reich verästelten, 4—9 μ und mehr dicken Protoplasmafortsätzen über ausgedehnte Strecken mitten unter zahlreichen Nervenfasern aus, von denen einzelne den bedeutenden Durchmesser von 18—20 μ erreichen, während die Mehrzahl 2,6—9,0 μ darbietet. Jede dieser Zellen hat einen einfachen, meist nach dem *Pedunculus*

Fig. 539. *Golgi*'sche Zelle mit weniger reich verästeltem nervösem Fortsatze, der in die Marksubstanz *m* eindringt, während die Protoplasmafortsätze theils in die Körnerlage *K*, theils in beide Schichten der reingrauen Lage *g* und *gr*¹ eindringen. Vergr. und Methode wie vorhin. Von einer jungen Katze.

cerebelli zu gerichteten Achsencylinderfortsatz, den ich nie länger erhalten fand, und wird an versilberten Präparaten von feinsten Faserverästelungen umgeben, ähnlich denen des *Nucleus dentatus*.

Der Kugelkern stimmt in seinem Verhalten wesentlich mit dem Dachkerne überein, nur sind seine Zellen im Mittel etwas kleiner.

Bei unseren Säugethieren (Hund, Katze, Kaninchen) verhalten sich diese tiefen Kerne des Cerebellum in Manchem anders als beim Menschen (s. Fig. 528). Vor allem fehlt ein *Nucleus dentatus* als gefaltetes Blatt und wird derselbe durch eine im Querschnitte annähernd viereckige, zusammenhängende starke Masse grauer Substanz vertreten, die in gewissen Gegenden wie aus zwei Abschnitten besteht, von denen die mediale vielleicht dem Kugel- und Pfropfkerne des Men-

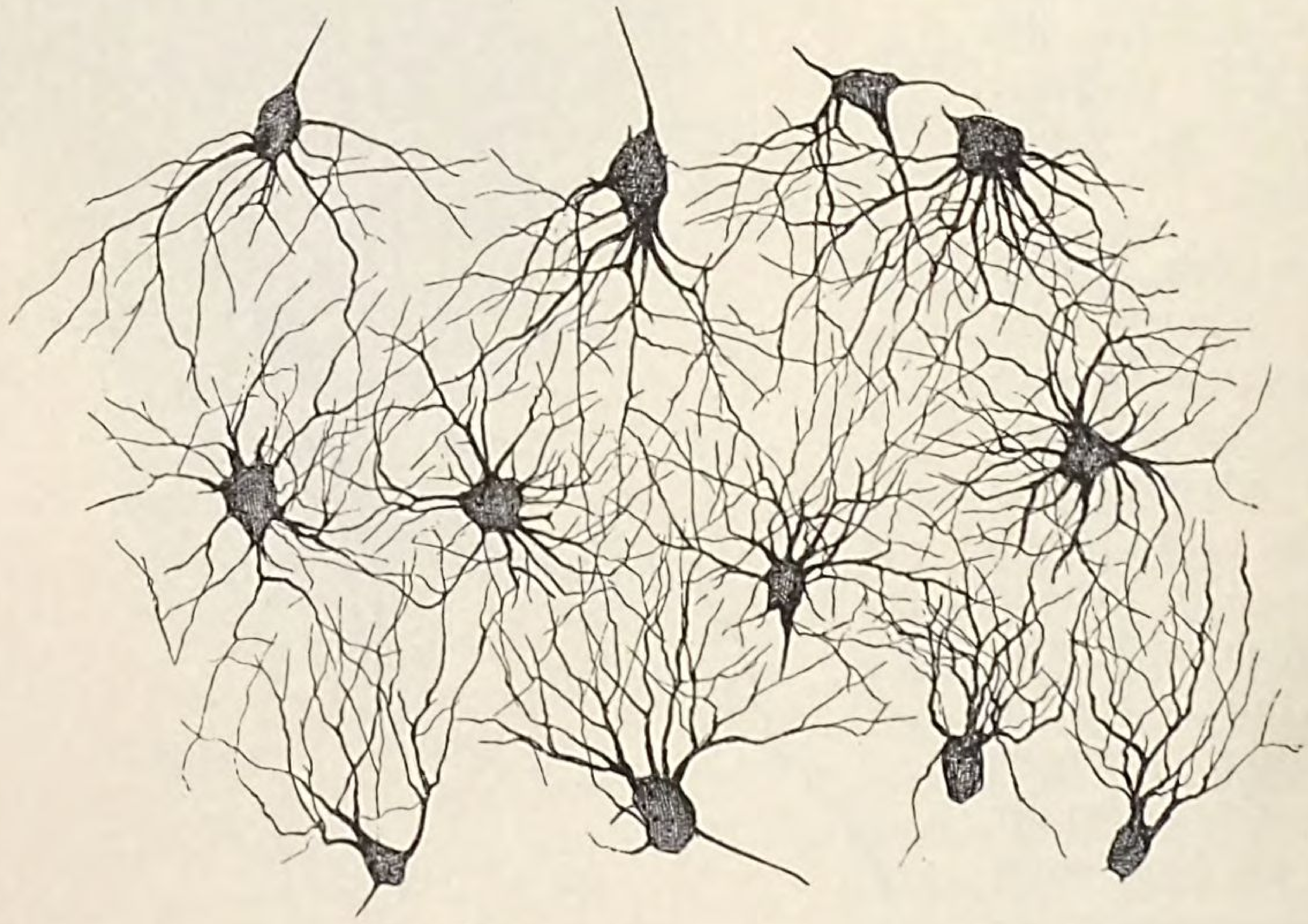


Fig. 540.

schen verglichen werden kann. Ausserdem ist ein deutlicher Dachkern als paarige Bildung von im Querschnitte dreieckiger Gestalt vorhanden. Die Elemente aller dieser Kerne sind schöne multipolare Zellen, z. Th. mit sehr zahlreichen Ausläufern und einer Grösse von 30—60 μ und darüber, von denen die grössten im tiefsten und im lateralen Theile des *Nucleus* der Hemisphären vorzukommen scheinen. Alle diese Zellen zeichnen sich durch den langen Verlauf und die im Ganzen nicht zahlreichen Verästelungen ihrer Protoplasmafortsätze aus, sowie dadurch, dass diese meist wie Nervenfasern zierlich varicös erscheinen. Von den Achsencylinderfortsätzen ist, abgesehen von ihrem Vorkommen und ihrer Richtung nach den Crura zu, auch hier nichts weiter zu melden, da dieselben nie länger erhalten waren.

Fig. 540. Nervenzellen des *Nucleus dentatus cerebelli* des Menschen. Alle nervösen Fortsätze gegen die Oberfläche der grauen Lamelle gerichtet. Starke Vergr. (*Golgi*.)

In Betreff der zelligen Elemente des kleinen Gehirns von Thieren vergleiche man die Arbeiten von *Fusari* (Intorno alla fina anatomia dell' encefalo dei Teleostei, Atti d. R. Acad. dei Lincei 1887), *Ramón* und *Luciani* (La corteccia del Cervelletto, Napoli 1893). *Luciani* hat auch bei den Säugern auf besondere Formen der Korbzellen und Zellen der Molekularlage aufmerksam gemacht (p. 119 u. ff. Fig. 4. 5 auf Taf. III).

§ 150.

Nervenfasern des kleinen Gehirns, *Neuroglia.*

I. Markhaltige Nervenfasern. In den Markblättern der Windungen des Cerebellum verlaufen die dunkelrandigen Fasern, die zu den feineren

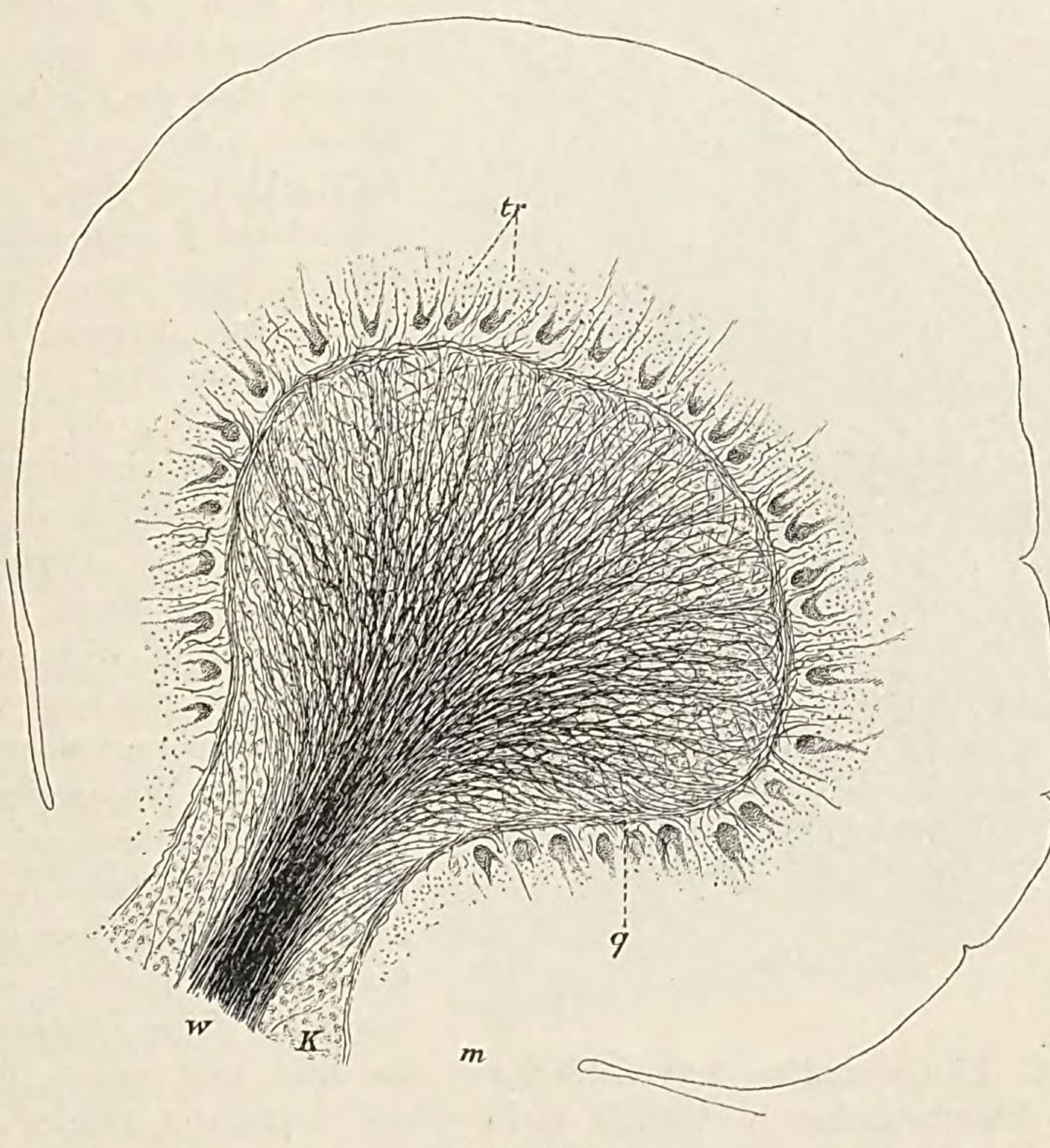


Fig. 541.

gehören und verschiedentlich mit feinsten Elementen gemengt sind, im Wesentlichen einander parallel in den Ebenen der Blätter der weissen Substanz. Wo dann an den Rändern und Seitenflächen der Windungen graue Substanz an die Markblätter anstösst, lösen sich von denselben einzelne Fasern und Faserbündel ab, um, in die rostfarbene Lage eindringend, dieselbe in ihrer ganzen Dicke zu durchziehen und in ihr den längst (Mikr. Anat.) von mir beschriebenen

Fig. 541. Querschnitt einer Windung des Cerebellum des Menschen. Geringe Vergr. Methode von *Weigert*. Erklärung wie Fig. 528.

feinen und dichten Plexus zu bilden, der die Granula und die *Golgi*'schen Zellen in seine Maschen aufnimmt (Fig. 542). Anders gestalten sich die Verhältnisse in der Tiefe der Furchen, indem hier die Markblätter vorwiegend bogenförmige Fasern zeigen, die, ähnlich denen des grossen Hirns, wie Kommissurenfasern der einzelnen Windungen darzustellen scheinen und nur spärliche Fasern an die Körnerlage abgeben. Untersucht man den genannten Plexus genauer, so findet man, dass derselbe eine gewisse Zahl gröberer Fasern enthält, die mehr gerade gegen die Molekularschicht verlaufen, Elemente, die unzweifelhaft einem guten Theile nach Fortsetzungen der Achsencylinderfortsätze der *Purkinje*'schen Zellen sind. Auf der anderen Seite ist jedoch nicht daran zu denken, dass der Plexus der rostfarbenen Lage und somit auch die Markblätter einzig und allein aus solchen Fasern bestehen, wie *Henle* vermuthet, vielmehr ist sicher, dass derselbe noch eine Unmasse anderer markhaltiger Fasern enthält, die in die Molekularschicht eindringen. Verfolgt man nämlich den Plexus bis gegen die *Purkinje*'schen Zellen hin, so findet man, dass seine Elemente dicht unterhalb der Zellen in eine Lage von Querfasern übergehen, welche an Querschnitten der Windungen als eine ganz zusammenhängende erscheint (Fig. 542), an tiefen Tangentialschnitten dagegen aus getrennten Querbündeln besteht, die durch zahlreiche feine Brücken zusammenhängen. Längsschnitte vervollständigen das Bild und zeigen die Querbündel im Durchschnitte in Gestalt nicht scharf begrenzter runder Ansammlungen von Punkten (s. *Kölliker*, Kleines Gehirn).

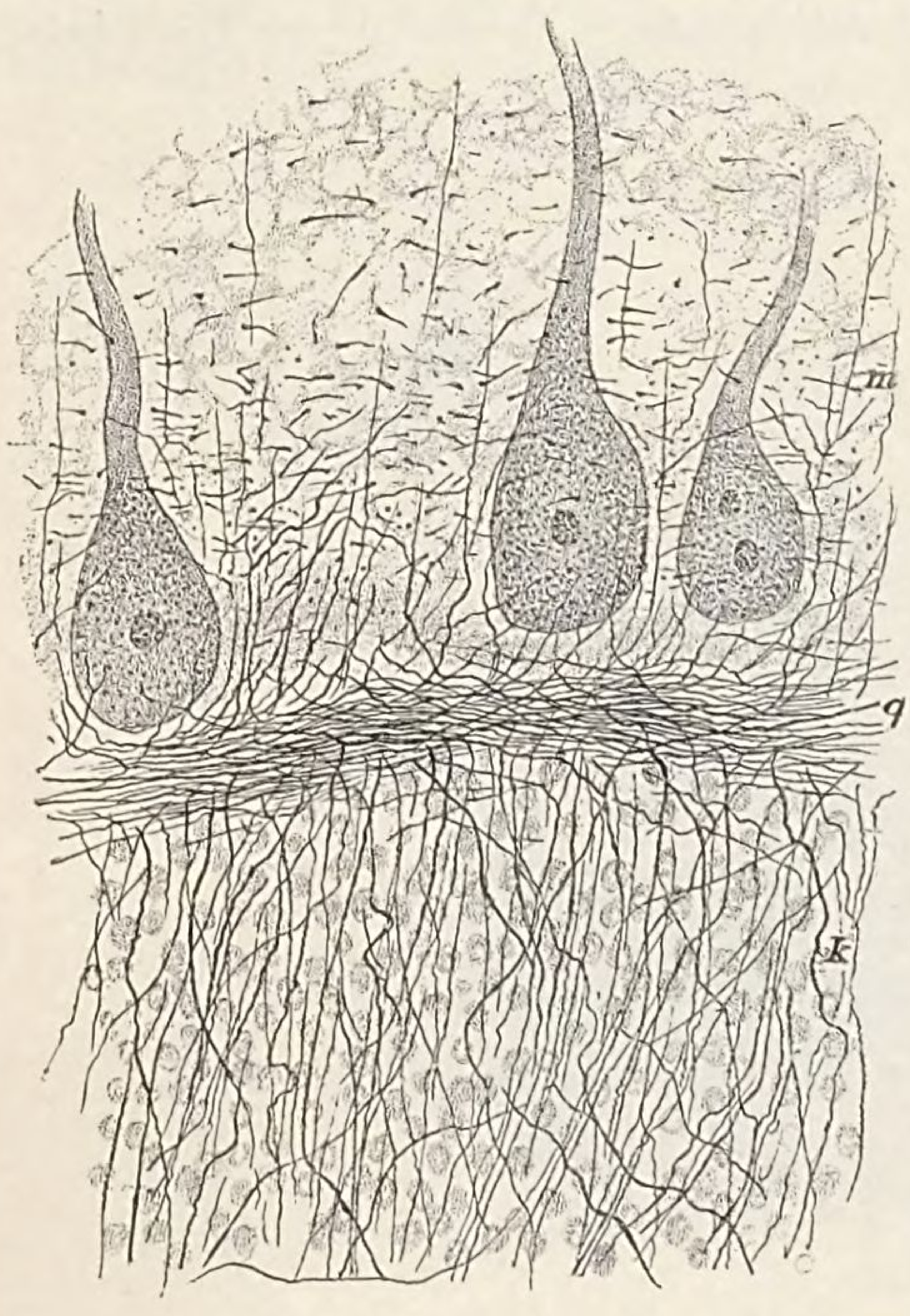


Fig. 542.

Von diesen oberflächlichen Querbündeln aus entwickeln sich dann eine Menge schief und gerade aufsteigender feiner markhaltiger Fasern (Fig. 542), welche die *Purkinje*'schen Zellen umfassend und zwischen denselben durchziehend in die Molekularschicht eintreten und in dieser zumeist eine ganz bestimmte Richtung einschlagen und zwar die longitudinale. An reinen Querschnitten erscheinen somit diese Elemente als Pünktchen, die nach aussen von den *Purkinje*'schen Zellen und auch zwischen denselben liegen, und an Längs-

Fig. 542. Cerebellum des Menschen vom Querschnitte einer Windung. Drei *Purkinje*-sche Zellenkörper sichtbar; *m* Molekularlage; *q* Querfaserschicht; *k* Körner. (*Weigert*).

schnitten der Windungen findet man eine Zone parallel der Oberfläche der Windungen verlaufender Fäserchen. Ausser diesen Elementen finden sich jedoch ohne Ausnahme auch eine gewisse Zahl radiärer, gerade oder leicht schief aufsteigender markhaltiger Fäserchen in der Molekularschicht, über deren Menge es nicht leicht ist, sich eine richtige Vorstellung zu verschaffen. Im Allgemeinen sind dieselben an reinen Querschnitten seltener, häufig dagegen an Längsschnitten der Windungen. Doch können dieselben auch an Querschnitten häufiger sein (Fig. 542), ja selbst allein vorkommen, letzteres jedoch nur dann, wenn ein solcher Schnitt das Ende einer Längswindung trifft.

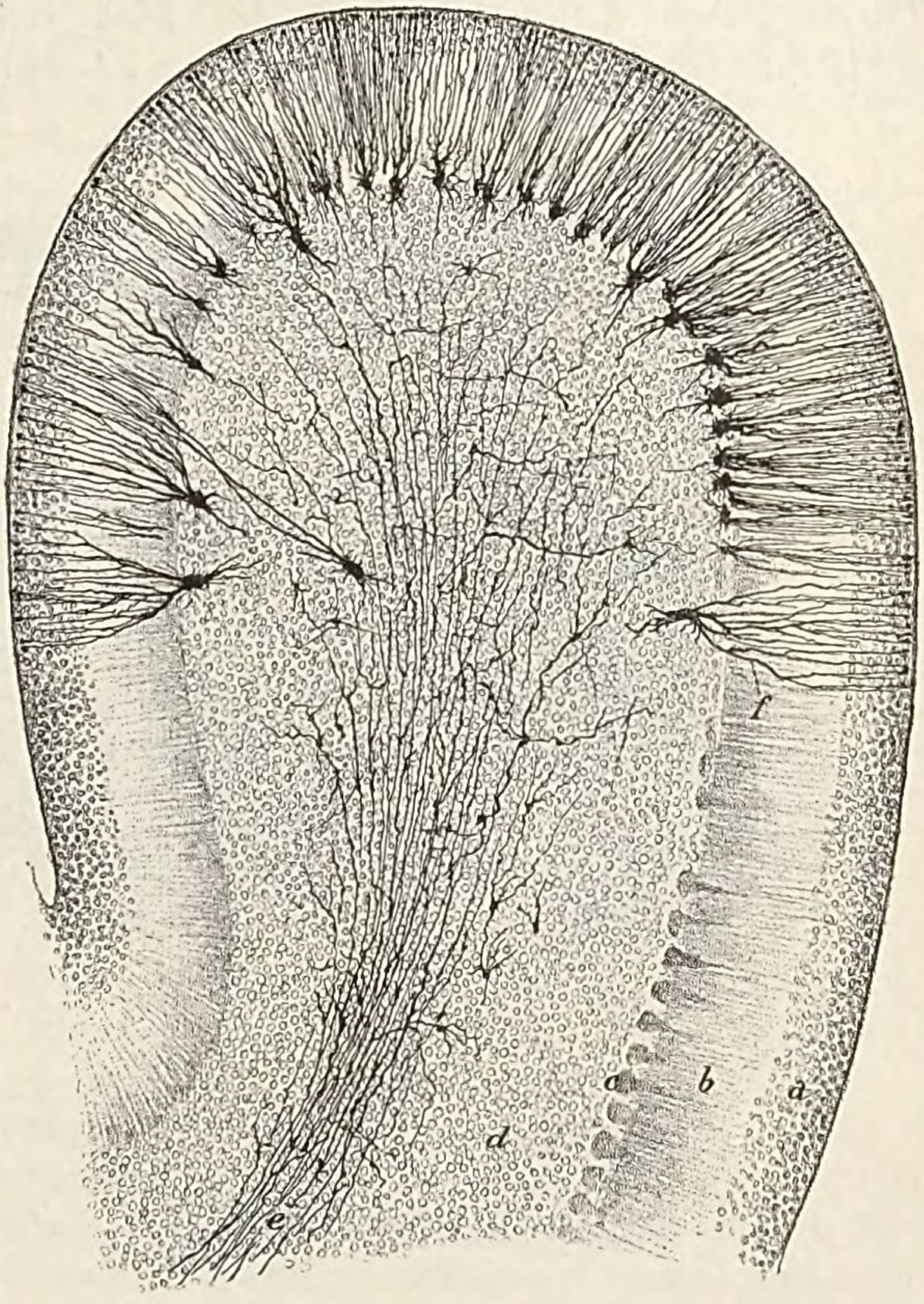


Fig. 543.

In Betreff der Verbreitung dieser markhaltigen Fäserchen in der Molekularschicht, so haben mir neue Untersuchungen wesentlich Anderes ergeben als früher. Es ist zwar richtig, dass dieselben am zahlreichsten und schönsten entwickelt im innern Fünftheile oder Viertheile der Molekularschicht sich finden, doch fehlen dieselben auch in den äusseren und selbst in den oberflächlichsten Lagen dieser Schicht nicht, wenn auch zuzugeben ist, dass dieselben hier meist nur vereinzelt und nur in den besten Präparaten zur Anschauung kommen.

An den markhaltigen Nervenfasern der Molekularlage finden sich an *Weigert*'schen Präparaten des Menschen und der Katze hie und da, wenn auch im Ganzen selten, Theilungen der Nervenfasern (*Kölliker*, Cerebellum Fig. 11) und halte ich es für sehr wahrscheinlich, dass solche auch im Plexus der rostfarbenen Schicht und selbst in der weissen Substanz nicht fehlen, namentlich

Fig. 543. Durchschnitt durch eine Windung des Cerebellum eines Kätzchens von 11 Tagen (*Golgi*). Geringere Vergr. *a* äussere Körnerlage der Molekularlage; *b* innere gestreifte Lage derselben; *c* *Purkinje*'sche Zellen; *d* rostfarbene Lage; *e* Nervenfasern der Marksubstanz oder Moosfasern mit peripheren Verästelungen; *f* Gliazellen, deren Zellenkörper zum Theil tief in der rostfarbenen Lage sitzt, während ihre Enden die ganze Molekularlage dicht durchziehen.

mit Rücksicht auf die Beobachtungen von *Golgi*, *Ramón y Cajal* und *mir* über Theilungen an mit Silber gefärbten Fasern dieser Lagen bei jungen und alten Thieren.

II. Durch Silber sich färbende, marklose (?) Nervenfasern. Abgesehen 1. von den Achsencylinderfortsätzen der kleinen Körnerzellen, die in die longitudinalen Fäserchen der Molekularlage übergehen, 2. den nervösen Fortsätzen der kleinen Zellen der Molekularschicht, die die Faserkörbe um die *Purkinje*'schen Zellen bilden, 3. den reich verästelten nervösen Fortsätzen der *Golgi*'schen Zellen der Körnerschicht und 4. den Nebenausläufern der Achsen-

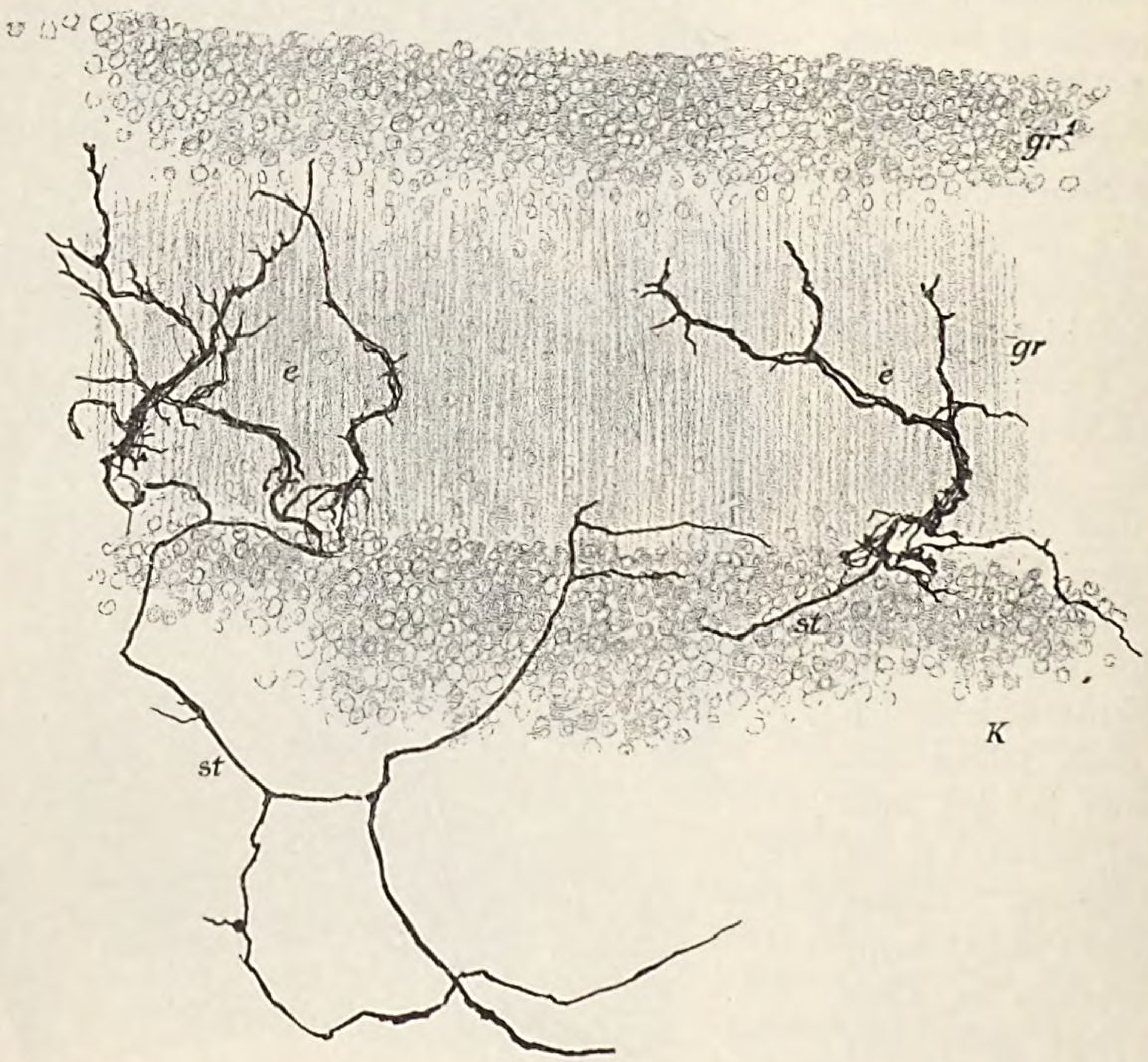


Fig. 544.

cylinderfortsätze der *Purkinje*'schen Zellen, enthält die Rinde des kleinen Gehirns noch zahlreiche durch Silber sich färbende Nervenfasern, welche aus der weissen Substanz abstammend in der Rinde sich ausbreiten. *Ramón y Cajal* unterscheidet in seiner neuesten Arbeit zweierlei solcher Elemente.

a) Die Moosfasern (*Fibras musgosas*), welche in der rostfarbenen Lage sich ausbreiten und sowohl im Verlaufe, als an den Theilungsstellen und an den Enden moosartige Anhänge tragen. Abgebildet sind diese Fasern in der

Fig. 544. Kletterfasern aus dem Cerebellum einer 11 Tage alten Katze (Nr. 7). *K* Körnerlage; *gr* reingraue Lage innerer streifiger Theil; *gr'* äussere granulirte Lage derselben; *st* Stämmchen der Kletterfasern; *e* Endverästelungen. Starke Vergrösserung. Methode von *Golgi*.

Riv. trinestr. März 1889 Taf. XII Fig. 1 *d*, *e* kopirt in der Internat. Monatsschrift Bd. VI Taf. I Fig. 1, Bd. VII S. 461 Fig. 6 *n*, von einem Hunde von 15 Tagen und einer erwachsenen Ratte, dann bei *Retzius*, *v. Gehuchten* und (Fig. 543). Die Mehrzahl der Fasern, die aus der weissen Substanz in die Körnerschicht treten, sollen nach *Ramón y Cajal* diese Beschaffenheit zeigen und die eigenthümlichen Anhänge derselben besonders bei jungen und neugeborenen Säugern schön entwickelt sein. Die letzten Enden dieser Nervenfasern, von denen jede oft 20—30 Nebenverästelungen besitzt und über einen grossen Bezirk sich ausdehnt, finden sich zum Theil verfeinert in der Höhe der *Purkinje*schen Zellen und scheinen in longitudinale Fäserchen überzugehen, zum Theil dringen dieselben tiefer in die Molekularlage ein und können selbst die äusseren Theile derselben erreichen (Intern. Monatsschr. VII Taf. I Fig. 1).

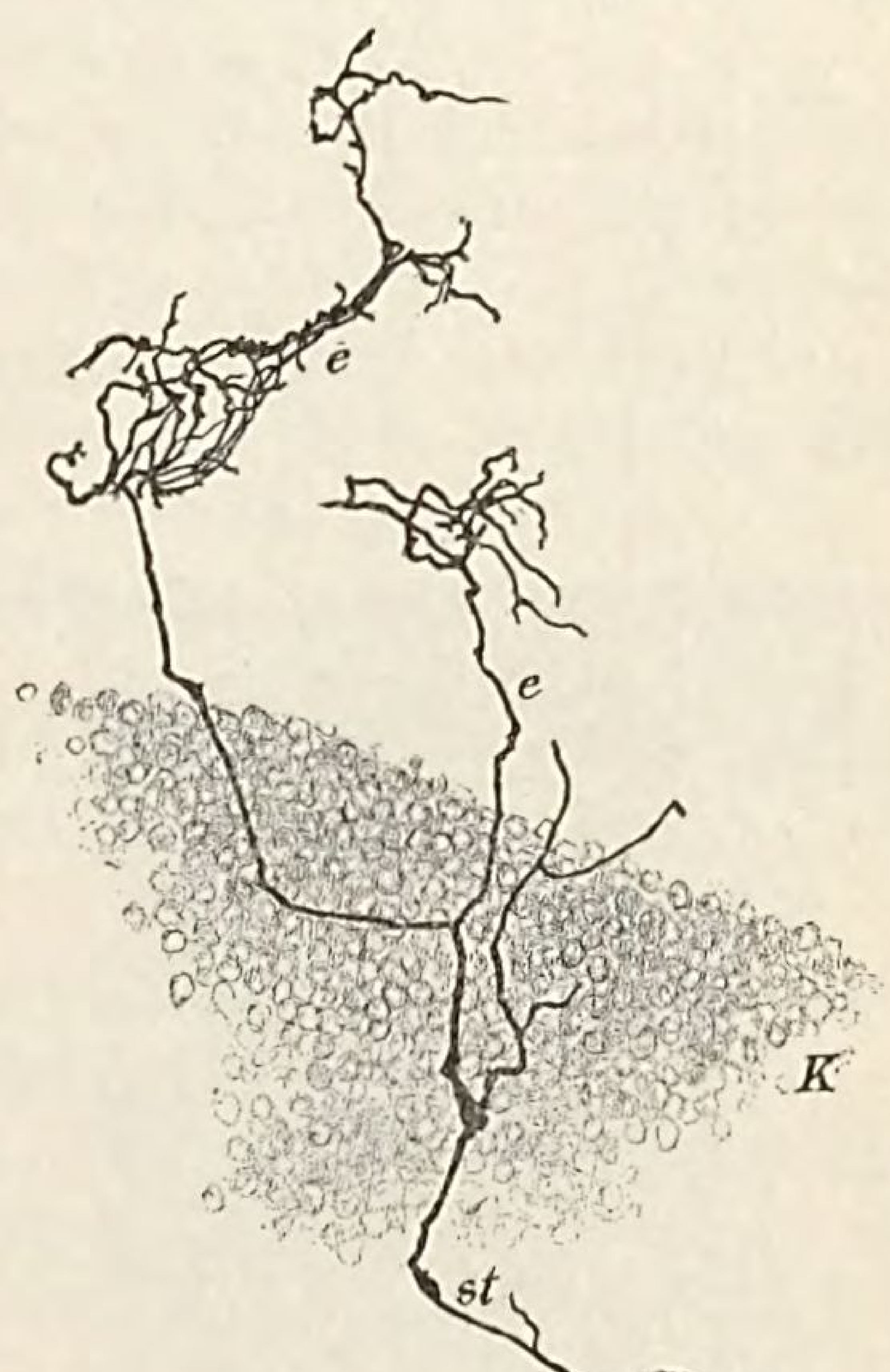


Fig. 545.

b) Ausser diesen Elementen, die *Ramón y Cajal* geneigt ist, für sensible Endfasern von Achsencylindern entfernter Nervenzellen zu halten, beschrieb dieser Autor in seinen früheren Arbeiten noch zweierlei Fasern in der Rinde des Cerebellum und zwar 1. solche, welche in der Molekularlage mit sternförmigen Verästelungen (*por figuras estrelladas*) endigen (Riv. trimestr. Aug. 1888 Taf. VI Fig. 3; März 1889 Taf. XII Fig. 5; Intern. Monatsschr. Bd. VI Taf. XVIII Fig. 1 a *f*, Taf. XIX Fig. 10) und 2. andere, die um die *Purkinje*'schen Zellen von innen herum Nester (*nidos pericellulares*) bilden (Riv. trimestr. März 1889 Taf. XII Fig. 1 a, b, c; Internat. Monatsschr. Bd. VII Taf. I Fig. 1). Nach den neuesten Untersuchungen von *Ramón y Cajal* gehören jedoch diese beiderlei Fasern zusammen und sind die sub 2. genannten Elemente nur Entwicklungsstadien der andern (Internat. Monatsschr. Bd. VII S. 458 u. ff. Fig. 5 u. 6).

Meine eigenen Erfahrungen dienen zum Theil als Bestätigungen der Beobachtungen des spanischen Forschers, zum Theil ergeben dieselben einfachere Verhältnisse. Was erstens die Moosfasern anlangt, so finde ich dieselben nur bei Embryonen und jungen Thieren in der charakteristischen Form, welche die Fig. 543 wiedergiebt, und zwar zeigten sich solche Fasern am schönsten bei neugeborenen Säugern (Hunden, Katzen, Ratten, Mäusen und Kaninchen). Auch beim Menschen, bei dem diese Fasern noch nicht beobachtet waren, fand *ich* dieselben bei einem Kinde von $1^1/_2$ Monaten, allerdings lange nicht so schön wie die Fig. 543 sie zeigt, aber doch an manchen Stellen deutlich mit

Fig. 545. Dieselben Elemente wie vorhin von einem Kinde von $1^1/_2$ Monaten (Nr. 11). Vergr. und Buchstaben wie bei Fig. 544. Methode von *Golgi*.

Verästelungen der knotigen Stellen, während andere Fasern nur einfache Verdickungen ohne Ausläufer zeigten. Verfolgt man nun bei jungen Thieren die Fasern der Körnerschicht genauer, so überzeugt man sich leicht, dass lange nicht alle Fasern solche Verdickungen mit Ausläufern tragen und ergiebt sich bei einer weiteren Vergleichung, dass alle sogenannten Moosfasern nur ein Entwicklungsstadium von glatten Fasern darstellen, die aus der weissen Substanz in die Körnerschicht und auch in die Molekularlage eintreten (Fig. 546). Diese Fasern hat offenbar schon *Golgi* in seiner Taf. XI dargestellt und dieselben Elemente zeigt auch die Fig. 21 meiner Arbeit über das *Cerebellum*, wobei ich nur bemerke, dass diese Bildungen auch häufig Varikositäten zeigen. Weiter wäre nun noch anzuführen, dass das Vorkommen der Moosfasern viele Wechsel zeigt. So fand ich z. B. dieselben bei einer neugeborenen Katze wenig ausgeprägt und selten, während dieselben bei einem elf Tage alten Thiere ausnehmend schön waren (Fig. 543) und ganz dasselbe kam mir auch bei andern Geschöpfen vor. Bei erwachsenen Geschöpfen finden sich überhaupt die ausgeprägten Formen, bei denen aus den einzelnen Anschwellungen der Fasern ganze Büschel feinster Fibrillen entspringen, niemals, sondern höchstens Faserverbreiterungen, die am Rande wie gezackt erscheinen, oder, und das ist das Häufigste, einzelne Verdickungen an den Enden und im Verlaufe der Fasern.

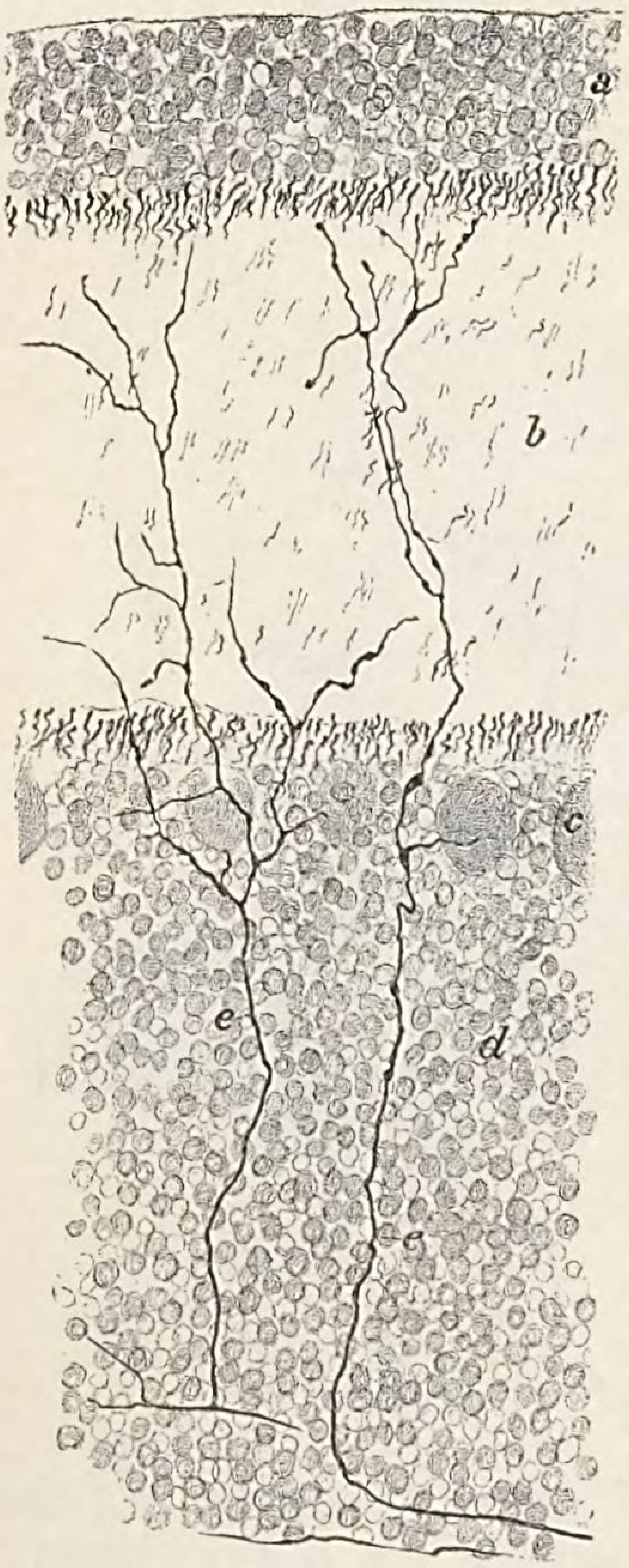


Fig. 546.

In Betreff der Endigungen dieser Fasern, die ich im Sinne von *Golgi* und *Ramón y Cajal* als sensible und centripetale Endfasern der Kleinhirnrinde bezeichne, ist sicher, dass dieselben nicht nur in der Körnerschicht, sondern auch in der Molekularlage sich finden und zwar ergiebt sich in letzterer ein doppeltes Verhalten, indem die einen Fasern in der Richtung der Dicke derselben verlaufen, die andern in Längsfasern sich umbiegen, wie dies auch *Ramón y Cajal* von seinen Moosfasern angiebt (l. c.). Bei jungen Geschöpfen, bei denen die longitudinalen Fäserchen, die mit den Körnern zusammenhängen, in den äussersten Schichten der eigentlichen Molekularlage (d. h.

Fig. 546. Aus dem Kleinhirn eines 3 Tage alten Hundes zur Demonstration centripetal sich verästelnder Fasern. *Golgi*. Stärkere Vergrösserung. *a* Aeussere Körnerlage; *b* Molekularlage mit aussen und innen zahlreichen, dazwischen spärlichen Achsencylinderfortsätzen der inneren Körnerzellen; *c* *Purkinje*'sche Zellenkörper angedeutet; *d* innere Körnerlage; *e* centripetale Nervenfasern.

nach innen von der äusseren Körnerschicht) zuerst auftreten, hat es oft den Anschein, als ob die sensiblen Endfasern in diese longitudinalen Elemente übergingen, doch ist dies nicht wirklich der Fall und müssen die beiderlei Bildungen wohl auseinandergehalten werden. Bei erwachsenen Geschöpfen (Mensch) lässt *Golgi* die Elemente, die ich sensible Endfasern hiess, theils in longitudinale, theils in radiär verlaufende Fasern der Molekularlage übergehen.

Bei Besprechung der Endigungen der sensiblen Endfasern der Rinde des Cerebellum wirft sich nun noch die Frage auf, ob die Fasern, die nach *Ramón y Cajal* mit sternförmigen Verästelungen enden und in ihren früheren Zuständen die *nidos pericellulares* bilden, besondere abweichende Bildungen darstellen, oder mit den *Fibras musgosas* in Eine Kategorie gehören. Ich kann nach eigenen Erfahrungen fasst Alles bestätigen, was *Ramón y Cajal* in seiner letzten Mittheilung vom 15. Juni 1890 über die Beziehungen dieser Fasern, die ich der Kürze wegen „Sternfasern“ oder Kletterfasern nennen will, zu den *Purkinje*'schen Zellen mitgetheilt hat (Fig. 544, 545). Nichtsdestoweniger bin ich schliesslich zu der Ueberzeugung gekommen, dass diese Fasern und die *Fibras musgosas* zusammen gehören und dass beide centripetale Endfasern darstellen. Meine Erfahrungen ergeben nämlich folgendes:

1. Besitzen die Stämme der Sternfasern nicht selten knotige Anschwellungen, wie diejenigen der Moosfasern.

2. Gehen entschiedene Moosfasern hier und da in den tiefsten Theilen der Molekularschicht in rundliche oder längliche Knäuel von feinen Aestchen aus, die an die *nidos pericellulares* erinnern.

3. Umgeben die Sternfasern durchaus nicht immer *Purkinje*'sche Zellen, sondern laufen oft ganz selbständig in die Molekularlage aus.

4. Endlich konnte ich mich nicht davon überzeugen, dass die Sternfasern auf den Stämmen und Aesten der *Purkinje*'schen Zellen weiter wuchern, wie *Ramón y Cajal* es beschreibt, gegen welche Annahme auch der verschiedene Verästelungstypus beider Theile spricht.

Die aus diesen Beobachtungen folgenden Ableitungen, dass die Sternfasern oder Kletterfasern zu den centrifugalen Endfasern gehören, und möglicherweise nur eine kleine Abweichung derselben darstellen, will ich allerdings vorläufig nicht als über jeden Zweifel erhaben hinstellen; immerhin scheinen mir dieselben ebensowohl begründet zu sein, wie das Gegentheil, und möchte ich zum Schlusse nur noch betonen, dass diese Fasern im voll entwickelten Zustande, bei erwachsenen Geschöpfen, nicht mehr so eigen aussehen, wie bei jungen Thieren und mehr die Beschaffenheit einer einfachen Endverästelung haben.

Zum Schlusse ist nun noch die Frage zu erörtern, wie die an *Weigert*'schen Präparaten sichtbaren dunkelrandigen Fasern und die an *Golgi*'schen Objekten wahrnehmbaren Elemente zu einander stehen. In dieser Beziehung ist Ein Punkt wohl ganz sicher und das ist der, dass die nervösen Fortsätze der *Purkinje*'schen Zellen markhaltig sind, dagegen muss es vorläufig unentschieden bleiben, ob auch die Collateralen derselben Myelinscheiden besitzen. Für ebenso sicher halte ich es ferner, dass alle centripetalen Fasern, die Moosfasern, glatten Fasern und Kletterfasern in dieselbe Kategorie gehören. Somit wären für die weissen Blätter der Windungen, den markhaltigen Plexus der Körnerlage und seine

Ausstrahlungen in die Molekularlage die entsprechenden Elemente an *Golgi*'schen Präparaten von jungen und erwachsenen Geschöpfen gefunden. Auf der andern Seite scheint mir, dass alle Elemente, die das Silber bei erwachsenen Geschöpfen färbt, marklos sind, zu welchen somit gehören würden a) die Achsencylinder der kleinen und grossen Körnerzellen und diejenigen der Korbzellen der Molekularlage. Die Zweifel, die ich früher zum Theil in dieser Beziehung hegte (Kleinhirn S. 682 und folgende), gebe ich hiermit auf und betone nur noch ganz besonders, dass wenn so auffallende Bildungen, wie die Achsencylinder der kleinen Körnerzellen und die Faserkörbe um die *Purkinje*'schen Zellen markhaltig wären, dieselben nothwendig an *Weigert*'schen Präparaten zur Anschauung kommen müssten.

III. Neuroglia. Die Neuroglia des kleinen Gehirns besteht aus zelligen Elementen von zwei Typen. Die einen sind sternförmige Zellen von

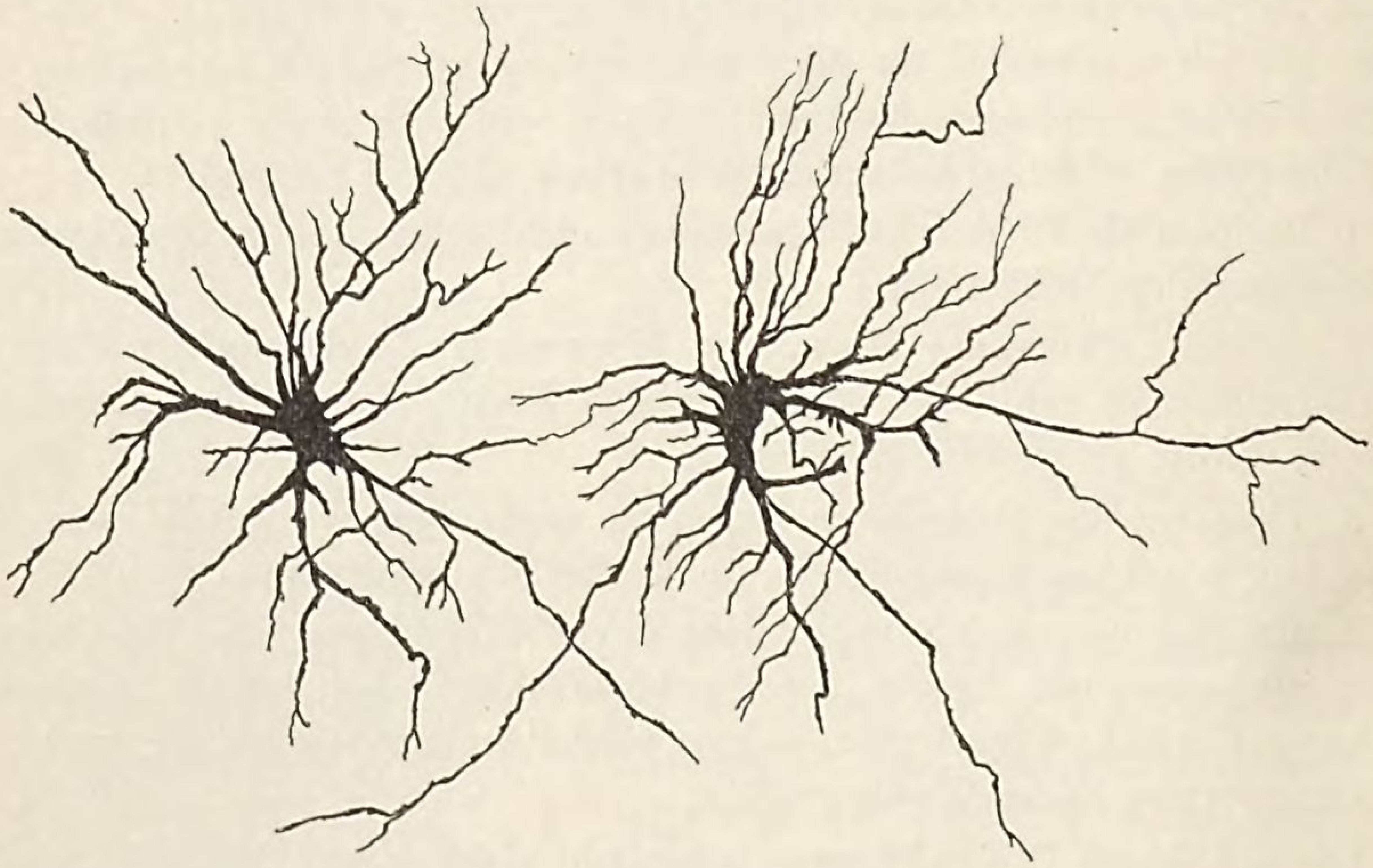


Fig. 547.

ansehnlicher Grösse, die mit verästelten und ungemein langen, feinen, glatten Ausläufern, in reichlichster Anzahl die gesammte weisse Substanz durchziehen und überall auch an die Gefässwandungen sich ansetzen, jedoch soviel ersichtlich ist, keine Verbindungen untereinander eingehen (Fig. 547). Aehnliche Sternzellen von geringerer Grösse finden sich in mässiger Menge auch in der Körnerschicht.

Andere Elemente eigenthümlicher Art beherbergen die äusseren Lagen der Körnerschicht (Fig. 543) und zwar ganz unregelmässige und mannigfach verschieden gestaltete grosse und kleine Zellen, deren Haupteigenthümlichkeit die ist, dass sie lange, feine, mässig unter spitzen Winkeln sich verästelnde Fortsätze durch die ganze Molekularschicht hindurchsenden, während die sehr zahlreichen übrigen Zellenausläufer alle ganz kurz sind. Bei jungen Geschöpfen namentlich treten

Fig. 547. Gliazellen aus dem Cerebellum des Menschen. Starke Vergr. *Golgi.*

diese Elemente, die die baumförmigen heissen können, in zwei Formen auf, einmal als kleinere Zellen, deren Körper an der Grenze der Körner- und der Molekularschicht liegt und als grössere, mitten in der Körnerlage befindliche Zellen (Fig. 543), doch lassen auch erwachsene Thiere oft deutlich beiderlei Elemente erkennen.

Alle diese Zellen gehen mit ihren langen Ausläufern durch die ganze Molekularlage hindurch und enden an der Oberfläche derselben mit dreieckigen oder birnförmigen, schon vor Jahren von *Bergmann* gesehenen Verbreiterungen (5. Aufl. S. 269).

Eine besondere Form von Gliazellen beherbergt der *Nucleus dentatus*. Dieselben sind sternförmig mit reich verästelten zum Theil dicken Ausläufern und stellen eine Mittelform dar zwischen denen der Fig. 415 und 416.

In der oberflächlichen Körnerlage, welche bei Embryonen und jungen Thieren die noch wenig ausgebildete Molekularlage des kleinen Gehirns deckt (*Vignal*, Arch. d. Phys. norm. et path. 1880 Nr. 7, *Schwalbe, Obersteiner, Ramón, ich*) und die als ein Entwicklungsstadium derselben anzusehen ist, beschreibt *Ramón* besondere Gebilde (Intern. Monatsschr. VII S. 447 und Gaz. sanit. Barcelona, 10. Febr. 1890). Er theilt diese Schicht in eine äussere Zone, die er epitheloide nennt, und eine innere mit bipolaren horizontal stehenden Zellen, deren Einer Fortsatz ein nervöser sein könnte. In der Molekularlage fanden sich ebenfalls noch nicht beschriebene, senkrechtstehende bipolare Zellen, deren aufsteigende Ausläufer nervöse Fortsätze zu sein scheinen und an horizontale Fasern der vorhin genannten tieferen Zone der äusseren Körnerschicht sich ansetzen (l. c. Fig. 2). Beim Erwachsenen fanden sich diese Elemente bis jetzt nicht und da auch die eigentlichen Körner bei jungen Geschöpfen schon vollkommen ausgebildet sind, ist auch nicht daran zu denken, dass sie Entwicklungsstadien derselben seien.

§ 151.
Zusammenhang der Elemente des Kleinhirns. Physiologische Ableitungen.

Der Bau des Rinde des Cerebellum und die Beziehungen dieses Organes zu den benachbarten Hirntheilen sind so verwickelt, dass es mit ungemeinen Schwierigkeiten verknüpft ist, zu einigermassen befriedigenden Aufstellungen zu gelangen. Man wolle daher das Folgende nur als einen vorläufigen, unmassgeblichen Versuch betrachten.

Was erstens die Rinde des Organes betrifft, so finde ich bei dieser nur zwei bestimmte Anhaltspunkte und zwar einmal, dass die *Purkinje*'schen Zellen die einzigen Neurodendren sind, welche in centrifugaler Richtung Wirkungen des Organes in die Ferne übertragen und zweitens, dass die Moosfasern und Kletterfasern allein im Stande sind, in centripetaler Richtung Einwirkungen der umgebenden Theile zur Rinde zu leiten. Da nun ferner diese beiderlei Elemente in allen Theilen des Kleinhirns in ganz gleicher Weise vorkommen, so müssen auch alle Abschnitte des ganzen Organes mit Bezug auf die erwähnten centripetalen und centrifugalen Leitungen sich gleich verhalten. Und wenn ich eben von Wirkungen der Rinde in die Ferne und von Einwirkungen der umgebenden Theile auf dieselbe sprach, so hatte ich nicht nur die *Medulla oblongata*, die Brücke und das grosse Gehirn im Auge, sondern auch nähere oder entferntere Theile des Cerebellum selbst, wie die Hemisphären und die inneren Kerne, den Wurm und die Hemisphären, beide Hemisphären und selbst einzelne Windungen.

Soweit wäre alles einleuchtend, wie aber gestalten sich nun in der Rinde die Beziehungen der zahlreichen Neurodendren zu einander? Bei weiterer Erwägung aller Verhältnisse ergiebt sich, dass bei den centrifugalen Leitungen keine Komplikationen möglich sind, denn für diese sind nur die *Purkinje*'schen Zellen da. Somit müssen alle andern Neurodendren, die grossen und kleinen Körnerzellen, die Korbzellen und die kleinen Rindenzellen, einzig und allein den Zuleitungen der Erregungen durch die centripetalen Bahnen dienen.

Von diesem Gesichtspunkte aus halte ich nun folgende Hypothese für berechtigt: Die Moosfasern, die namentlich in der Körnerlage sich reich verästeln, wirken auf die kleinen und grossen Zellen der Körnerlage und sind hierbei, wie *Ramón* noch vor kurzem sich geäussert hat, die eigenthümlichen Anhänge oder Ausläufer dieser Fasern vielleicht von besonderer Bedeutung als die Uebertragungen erleichternde Einrichtungen. Die grossen Körnerzellen sind einfach Associationszellen, müssen aber offenbar, der ungemein reichen Verästelung ihres nervösen Fortsatzes halber und weil sie in zusammenhängender Lage durch die ganze Körnerschicht vorkommen, von grösster Wichtigkeit sein, während die kleinen Körnerzellen durch ihre Endigungen in der Molekularlage auf die Dendriten der *Purkinje*'schen Zellen einwirken, wie dies schon *Ramón* wahrscheinlich gemacht hat. So blieben nur noch die Korbzellen und kleinen Zellen der Molekularlage ohne Verwendung, doch lassen sich, wie mir scheint, zur Verknüpfung dieser mit dem übrigen Systeme die centripetalen Fasern verwerthen, die in die Molekularlage eindringen, d. h. die in der Fig. 546 abgebildeten Elemente und die Kletterfasern. Durch diese centripetalen Elemente würden vor allem die Korbzellen angeregt und durch diese wieder die Zellenkörper der *Purkinje*'schen Zellen und in derselben Weise könnten auch die kleinen Zellen der Molekularlage Impulse erhalten und dieselben den Dendriten der *Purkinje*-schen Zellen mittheilen. Was endlich die sehr zahlreichen rückläufigen Aeste der Achsencylinderfortsätze der *Purkinje*'schen Zellen anlangt, so können dieselben unmöglich eine andere Bedeutung haben, als die von Associationsfasern, die die Erregungen, die von ihren Zellen ausgehen, schon in nächster Nähe auf andere *Purkinje*'sche Zellen oder möglicher Weise selbst auf andere Zellen übertragen.

Soviel von den Elementen der Rinde und ihren Funktionen. Was nun die Fernwirkungen des kleinen Gehirns anlangt, so bin ich der Meinung, dass die centrifugalen Leitungen alle in erster Linie von den *Purkinje*'schen Zellen ausgehen. Nehmen wir an, dass diese einem Theile nach im *Nucleus dentatus*, *N. tecti* und den kleinen Kernen, auch der Brücke und in den Oliven, enden, so würden die Neurodendren dieser Kerne die centrifugalen Leitungen übernehmen und von diesen aus könnte dann das grosse Gehirn durch die Bindearme und den *Nucleus dentatus* und durch die Brückenkerne beeinflusst werden und die *Medulla oblongata* und *Medulla spinalis* durch die *Pedunculi cerebelli* und die Oliven. Ausserdem würden die Brückenkerne auch als Elemente einer Kommissur von rechts und links wirksam sein können. In weiterer Ausführung dieser Verhältnisse ist anzunehmen, dass, weil alle Windungen des kleinen Gehirns centripetale und centrifugale Elemente in ganz den nämlichen Verhältnissen besitzen, auch alle *Crura cerebelli* beiderlei Fasern in gleicher Menge enthalten müssen. Eine solche Annahme macht bei den Bindearmen und den *Crura media* keine Schwierigkeiten, denn bei diesen ist die

Herleitung der beiderlei Fasern nicht schwer, bei den *Pedunculi* dagegen bestehen noch Schwierigkeiten. Bei den Bindearmen wären centrifugale Elemente II. Ordnung die Zellen des *Nucleus dentatus*, die als centripetale Leitungen zum Gehirn gingen, und als centripetale Elemente müssten die Achsencylinderfortsätze von gewissen Hirnzellen angesehen werden. Bei den *Crura media* wären, beim Kommissurensysteme derselben, centrifugale Fasern die *Purkinje*'schen Zellenbahnen, centripetale die Achsencylinder von Brückenkernzellen; doch könnte auch, wie *Ramón* dies für den Balken im grossen Hirne festgestellt hat, ein *Purkinje*'sches Nervenbäumchen auf der rechten Seite eine centrifugale, auf der linken eine centripetale Bahn darstellen für den Fall, dass dasselbe, wie die Balkenfasern, von einer Hemisphäre zur andern ginge.

Die *Pedunculi cerebelli* hätten als zuleitende Fasern die der sensiblen aus dem Rückenmarke und aus der *Oblongata* (Kleine Oliven, Kern von *Deiters*) stammenden Leitungen. Und für die centrifugalen Bahnen ist die einzige Möglichkeit die, *Purkinje*'sche Fasern zu den Oliven zu leiten, in welchem Falle ihre Enden zu den Binnenfasern der Olive sich gestalten würden und die in der Olive entspringenden Fasern entweder in das Rückenmark *(ich)* oder in das grosse Gehirn *(Bechterew)* oder in beide zu leiten wären.

Zum Schlusse noch eine Bemerkung: Kein Theil des Gehirns ist in seinem Baue so verwickelt, wie das kleine Gehirn und ist bei demselben vor allem die Zahl der Bahnen, auf denen seine wichtigsten, in die Ferne wirkenden Nervenbäumchen, die *Purkinje*'schen Zellen und ihre Ausläufer, in Thätigkeit versetzt werden können, eine ganz erstaunliche, die selbst im grossen Gehirne, dem Sitze der psychischen Funktionen, kaum ihres Gleichen findet. Gehen wir nun davon aus, dass das kleine Gehirn das Organ ist, das die zusammengesetzten Muskelbewegungen ermöglicht und die Koordination der verschiedenen Muskelgebiete beherrscht, so liegt es nahe, diese Funktion und die unzähligen anatomischen Möglichkeiten der Ausbreitung und Uebertragung von Erregungen auf die zahlreichsten und mannigfachsten Elemente, die im kleinen Gehirne gegeben sind, in Wechselbeziehung zu setzen und zu sagen, ebenso wie das Cerebellum durch seinen Bau die mannigfachsten Associationen und Einwirkungen seiner Elemente auf einander gestattet und möglich macht, in gleicher Weise vermittelt dasselbe auch die unbeschränktesten und verwickeltesten Synergieen und Kombinationen einzelner Muskeln, verschiedener Muskelgruppen und der Gesammtmuskulatur des Körpers.

§ 152.

Mittelhirn und Vorderhirn. Allgemeines.

Das Mittelhirn, welches in frühen Lebensperioden einen Hauptbestandtheil der Hirnanlage bildet, sinkt im Laufe der Entwickelung beim Menschen zu einem verhältnissmässig unbedeutenden Abschnitte herab, der nur wie eine Auflagerung auf die Hirnstiele sich darstellt, aber nichts destoweniger physiologisch als sehr bedeutungsvoll erscheint, insofern als derselbe mit zwei Sinnesapparaten, dem Gehörorgane und dem Auge, in sehr innigen Beziehungen steht. Anders das Vorderhirn. Von einem bescheidenen Anfange aus entwickelt sich dasselbe, je höher man in der Thierreihe steigt, um so mächtiger und stellt endlich das so ungemein verwickelt gebaute grosse Gehirn dar, in welchem graue Substanz theils grosse innere Ansammlungen, wie den Sehhügel (Fig. 548 *th*),

den Linsenkern und den geschwänzten Kern *(p, nc)*, theils einen die gesammte Oberfläche überziehenden Mantel, die graue Hirnrinde, darstellt, während weisse Substanz, z. Th. wie als Fortsetzung der Hirnstiele das Innere durchzieht *(ci)*, z. Th. in Gestalt selbständiger Züge die inneren grauen Kerne mit der Rinde vereint, oder Theile der Rinde Einer Seite mit einander in Verbindung setzt, oder endlich beide Hälften in Form von sogenannten Kommissuren verknüpft (Fig. 548 *c*). Mit Hinsicht auf die Funktionen erscheint das grosse Gehirn als

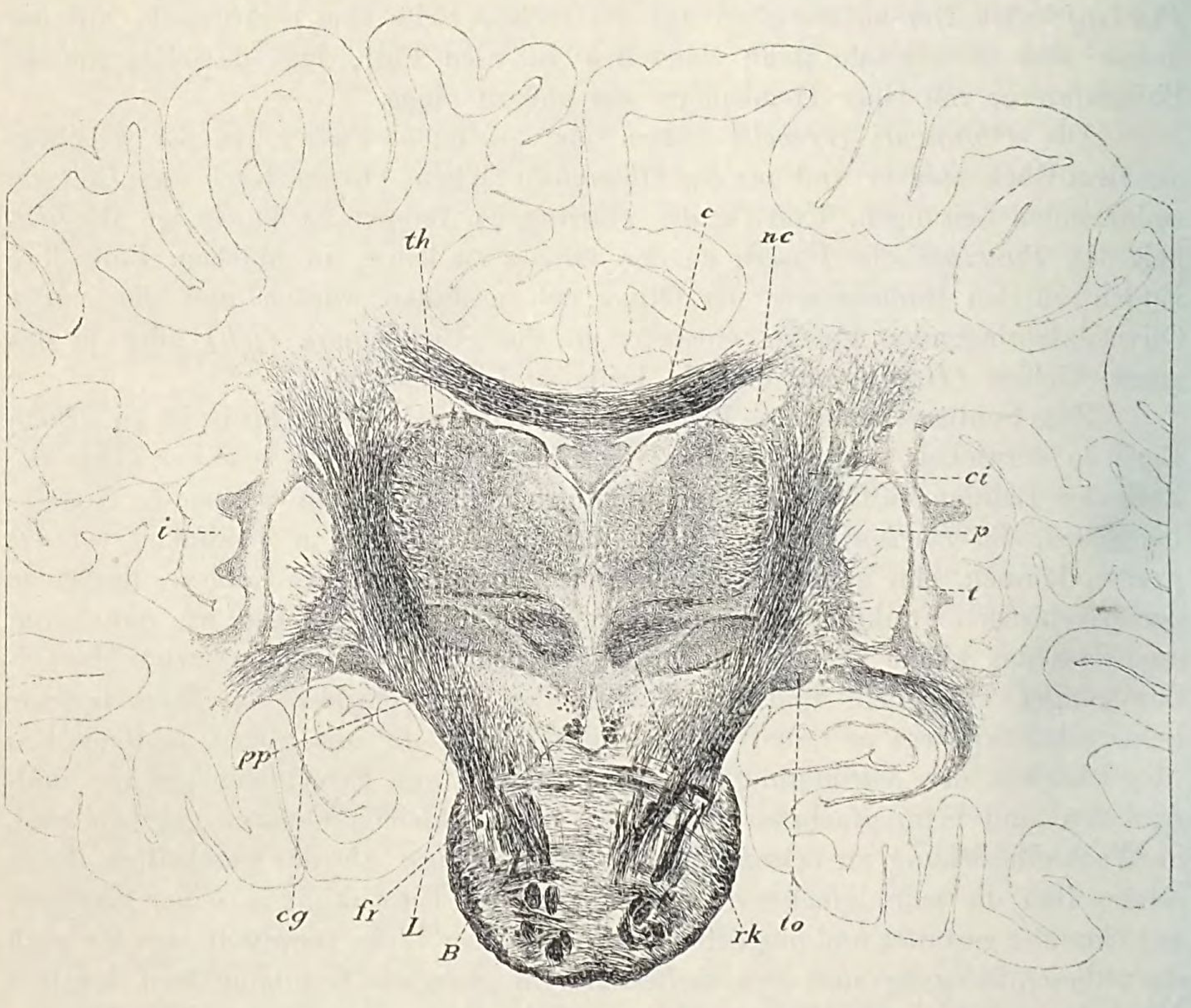


Fig. 548.

bei weitem der wichtigste Theil des gesammten Nervensystems, indem dasselbe unzweifelhaft als Sitz des Bewusstseins, des Empfindens, Wollens und Denkens, mit einem Worte der psychischen Vorgänge anzusehen ist. Und doch zeigt dieser Theil des Nervensystems in seinem feinsten Baue, wenn auch manche Eigenthümlichkeiten, doch wesentlich dieselben Verhältnisse, wie die anderen Gebiete des Nervensystems und lassen sich, soweit wir bis jetzt unterrichtet sind, seine Elemente von andern Neurodendren in keiner Weise unterscheiden.

Fig. 548. Frontalschnitt durch das grosse Gehirn des Menschen. Nach einem von Prof. *O. Schultze* mit seinem grossen Schneideapparate gefertigten und nach *Weigert* gefärbten vorzüglichen Schnitte. Natürl. Grösse. Erklärung wie bei Fig. 511 S. 310.

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Kölliker, Albert <<von>>,

Handbuch der Gewebelehre des Menschen

Bd.: 2,1

1893

Bamberg, Staatsbibliothek -- Anat.o.119-a(2#1
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11830272-4